

ARQUITECTURA PASIVA EN LA COSTA ATLÁNTICA

Zona de estudio: Rías Baixas

Indice

1. Resumen	2
2. Introducción	3
3. El clima en Galicia	5
3.1 Incidencia del clima en la arquitectura	10
4. Arquitectura de la costa gallega	15
4.1 Construcción de la arquitectura gallega	22
4.2 Estrategias pasivas en la arquitectura popular gallega	28
5. Estrategias pasivas utilizadas en otras zonas con climas similares	31
5.1 Protección frente al agua y la humedad	32
5.2 Protección frente al viento	33
5.3 Sistemas de calefacción pasiva	34
5.4 Sistemas de refrigeración pasiva	39
6. Análisis y propuestas	42
6.1 Análisis de las zonas C1 y D1 sin estrategias pasivas.	50
6.2 Análisis de las zonas C1 y D1 con estrategias pasivas.	52
6.3 Ganancias internas	54
6.4 Ganancias solares pasivas	56
6.5 Refrigeración pasiva	58
7. Conclusiones	60
8. Relación de imágenes	62
9. Bibliografía	66

1. Resumen

El estudio que se realiza sobre el clima de la costa gallega y su arquitectura vernácula nos permite extrapolar aquellas técnicas y estrategias utilizadas para mantener unas condiciones interiores de confort.

Las exigencias establecidas por el clima y su conocimiento por parte de nuestros ancestros culminó en la realización de una arquitectura racional, centrada en resolver los problemas a los que se enfrentaba con los materiales del lugar.

1. Resumo

O estudo que se realiza sobre o clima da costa galega e a súa arquitectura vernácula permitenos extrapolar aquelas técnicas e estratexias utilizadas para manter unhas condicións interiores de confort.

As exigencias establecidas polo clima e o seu coñecemento pola parte dos nosos devanceiros colminou na realización dunha arquitectura racional, centrada en resolver os problemas ós que se enfrontaban cos materiais do lugar.

1. Abstract

The study performed on the climate of the Galician coast and its vernacular architecture allow us to extrapolate those techniques and strategies used to maintain a inside comfort conditions.

The requests established by climate and our ancestor's knowledge reached his highest point on the realization of a rational architecture, focused on solve the problems that they faced with local materials.

El estudio de otras técnicas desarrolladas en climas similares nos ayudan a comprender el problema y descubrir otras soluciones que tienen cabida en nuestro clima.

Por último, el análisis de las técnicas estudiadas nos permitirá dictaminar si las soluciones adoptadas son válidas y qué condiciones interiores establecen. A partir de ahí se hará una propuesta de aquellas estrategias a utilizar en la costa atlántica para reducir la demanda energética y conseguir un adecuado comportamiento de la edificación.

O estudo doutras técnicas desenvoltas en climas semellantes axúdanos a comprender o problema e descubrir outras solución que teñen cabida no noso clima.

Por último, a análise das técnicas estudadas permitiranos ditaminar se as solucións adoptadas son válidas e que condicións interiores establecen. A partir de aí farase unha proposta daquelas estratexias que podamos utilizar na costa atlántica para reducir a demanda enerxética e conseguir un adecuado comportamento da edificación.

The study of other techniques developed in similar climates help us to understand the problem and discover other solutions that can take a place in our climate.

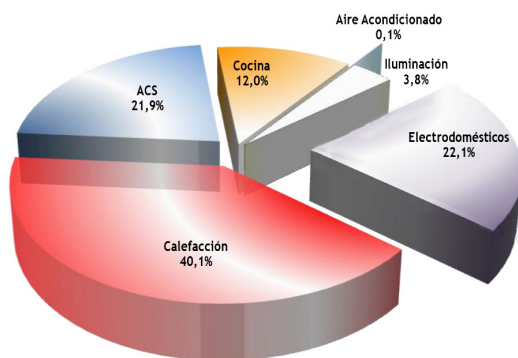
By last, the analysi of the techniques studied will allow us to rule whether adopted solutions are feasible and what inside conditions are stablished. From there will be made a proposal from those strategies to use in the atlantic coast for reduce energetic claim and get a suitable efficiency of the edification.

2. Introducción

El Real Decreto 235/2013 establece el consumo casi nulo para el año 2018 en los edificios públicos y en el año 2020 para las edificaciones privadas. Esto hace necesario una revisión de los estándares de construcción actuales y las estrategias seguidas hasta el momento. Los sistemas actuales de calefacción y refrigeración nos permiten conseguir las condiciones deseadas dentro del edificio, a costa de un consumo elevado y sin importar las características del edificio.

La limitación del consumo energético por parte de la normativa establecida en el CTE-HE, obliga a controlar la demanda por parte del edificio; significa esto que el edificio ya no puede ser un objeto ubicado en un lugar con total independencia de las condiciones exteriores.

El estudio hecho por el IDAE en 2011 constata que el consumo de energías para calefacción en los hogares españoles (concretamente en la zona del atlántico norte) es del 40,1%. En la mejora de la demanda energética, juega un papel importante las demandas por calefacción.



1. Consumo según usos energéticos.
Fuente: IDAE, 2011, 59.

Por otra parte, no hay que olvidarse, el sector de la construcción también consume una importante cantidad de energía en transporte, en la manufacturación de los materiales y en el proceso de construcción.

La arquitectura popular se ha caracterizado desde siempre por una óptima utilización de los recursos a su alcance. La construcción de edificaciones adaptadas al clima en el que vivían, protegiéndose de las inclemencias meteorológicas y potenciando los recursos, le ayudaban a conseguir viviendas con unas buenas condiciones de confort y escasa demanda.



2. Molinos de viento en Holanda.
Fuente: meetmrholland.wordpress.com

En el presente trabajo se estudia la arquitectura popular de la costa gallega desde una óptica climática, resaltando aquellos elementos condicionantes a la hora de conseguir unas condiciones de confort y las soluciones que adoptaron.

El trabajo se estructura en cinco apartados: En el primero se estudia el clima de la costa gallega; en el segundo su arquitectura y la relación con el clima; en el tercero se buscan otras estrategias que se desarrollan a lo largo del globo para climas similares; en el cuarto un análisis de las estrategias utilizadas y una propuesta y último las conclusiones extraídas del trabajo.

1. El análisis del clima gallego y sus variantes a lo largo de la costa nos establecen a su vez unas condiciones particulares que tendrán que tener una respuesta desde la arquitectura para conseguir unas condiciones de confort en el interior de las viviendas.

2. Los diferentes tipos de arquitecturas que se desarrollaron a lo largo de la costa conforman una respuesta a las condiciones particulares antes mencionadas. Estas estrategias adoptadas por los constructores gallegos se reflejan en las soluciones constructivas.

3. En un siguiente apartado se estudian otras respuestas dadas en diferentes partes del globo con climas similares al gallego. Esto servirá para enriquecer el catálogo de soluciones que después podremos aplicar en los proyectos.

4. El análisis de las soluciones empleadas por los habitantes gallegos permitirá decir de una manera objetiva la idoneidad técnica de la solución y las repercusiones que tiene. A partir de esto se estudiarán las diferentes soluciones que permitan el máximo aprovechamiento de las condiciones naturales.

5. Las conclusiones tratarán de aportar una mirada objetiva a las técnicas utilizadas por la arquitectura popular y su uso en la construcción a día de hoy.



3. Granja en la isla de Læsø, Dinamarca.
Fuente: <http://www.everystockphoto.com/>

3. El clima en Galicia

Galicia se sitúa en el suroeste del continente europeo, en una posición de transición entre las zonas excedentes y deficientes energéticamente. Esto unido a la orografía y al encuentro de diferentes masas de aire provocan una gran variedad de tipos de tiempo.



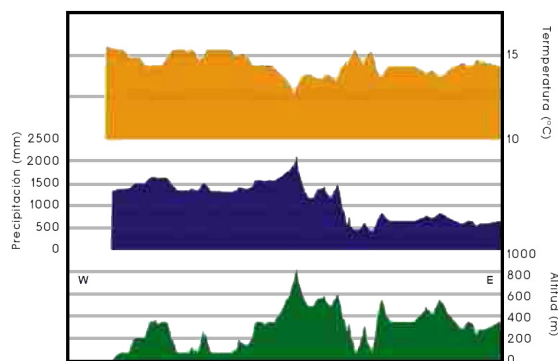
4. Galicia en Europa.
Fuente: edu.xunta.es

A nivel peninsular Galicia presenta una transición entre la zona costera hasta las sierras orientales y surorientales, generando de esta manera una evolución y una singularidad del clima gallego con respecto al del resto de la península.

La sucesión de valles y montañas que se extiende hacia el interior crean una gran diversidad de ambientes climáticos singulares que caracterizan cada punto geográfico.

El clima gallego, lluvioso, húmedo y azotado por los vientos oceánicos se ve modificado debido a la variada geografía. Las rías y cordilleras que se encuentran en la costa influyen en la manera en que las borrascas y anticiclones provenientes del atlántico penetran hacia el interior de Galicia.

Como puede observarse en el gráfico adjunto (imagen 5) en una transición entre la costa de Baiona hasta la planicie de Ourense las precipitaciones se acumulan

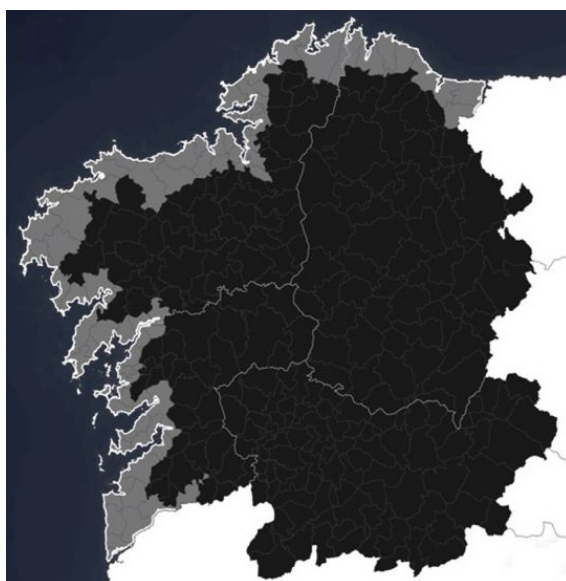


5. Gráfico temperaturas-precipitaciones-altitud.
Fuente: Atlas climático de Galicia, 1999, 64.

en la Dorsal mientras que a partir de ahí se reducen considerablemente. Por otro lado las temperaturas descienden hacia el interior.

Todos estos accidentes geográficos hacen que, a pesar de pertenecer a un clima oceánico templado húmedo, Galicia sea una sucesión de microclimas que van variando las características generales en función de la situación.

La morfología de la costa gallega afecta a una gran cantidad de municipios. Debido a las características de la costa hace necesario que el estudio de una zona en concreto pase por una fase de aproximación a las características generales e ir ahondando a través de estaciones climáticas, el estudio del territorio inmediato en el punto en cuestión.



6. Municipios costeros.
Fuente: Plan de Ordenación del Litoral, 2010.

En este caso el objeto del trabajo se centra en el estudio de la arquitectura pasiva en la costa atlántica por lo que comenzaremos por las características generales de la costa gallega hasta llegar al clima específico de la zona a tratar.

Nos centraremos en el estudio final en el tramo de costa entre la sierra de la Barbanza y el pueblo de Baiona, este área cuyas características veremos más adelante se ordena dentro del plan de ordenación del litoral del 2010 como la zona de Rías Baixas.

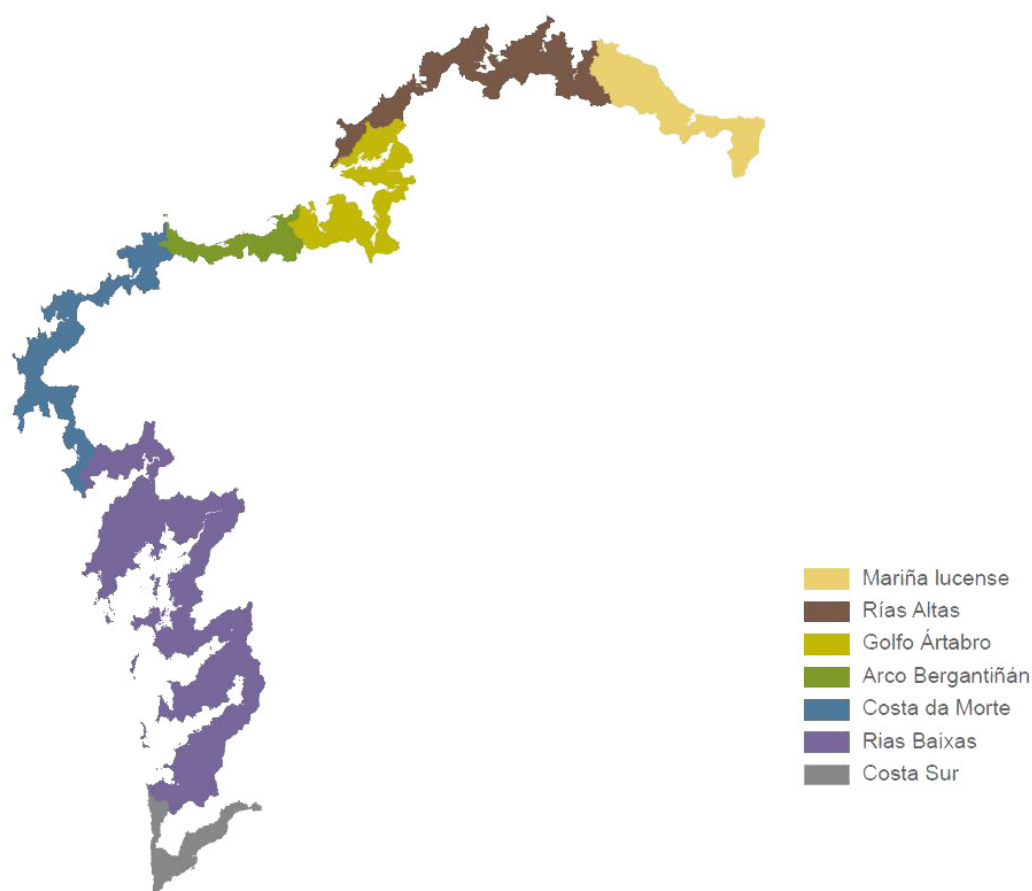
Abarcando el total del litoral gallego, sus más de 1000 km de costa (más del 20% de la península ibérica) hace que la presencia del mar en Galicia cobre una gran importancia, de ahí que una gran parte de la población viva en torno a él y que la pesca sea la actividad principal de sus habitantes, junto con la agricultura (de Llano, 1983, 25).

La costa gallega a lo largo de su longitud presenta diferentes encuentros con el mar, orientaciones y características físicas que hacen posible una primera diferenciación por sectores.

La clasificación hecha por Otero Pedrayo, apoyada por posteriores geógrafos (Torre Enciso, Río Barja, Miralbés Bedera, Torres Luna o Pérez Alberti) será la referencia tomada para la clasificación del litoral gallego (imagen 7).

En una primera diferenciación se divide en el litoral cantábrico y atlántico.

El primer caso, el litoral cantábrico, es una continuación de la costa asturiana engloba desde Ribadeo hasta cabo Ortegal. Se caracteriza por un clima oceánico-húmedo con una media de 150 días de lluvia y 180 nublados y temperaturas medias de 13°-14°. (Caamaño Suárez, 2006, 221).

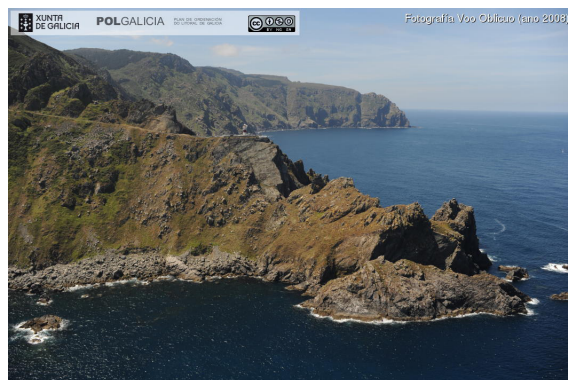


7. Sectores de la costa gallega
Fuente: Plan de Ordenación del Litoral, 2010.



8. A Lousada

Fuente: Plan de Ordenación del Litoral, 2010



9. Cabo Ortegal

Fuente: Plan de Ordenación del Litoral, 2010

Este litoral se divide en dos partes, de Ribadeo a Estaca de Bares marcado por un suelo de pizarra con numerosos arenales en las rías y acantilados entre ellas. Una costa marcada por unas líneas rectas que se cortan con las desembocaduras de los ríos Eo, Masma y Ouro y las rías de Viveiro y Barqueiro.

El segundo tramo de Bares a cabo Ortegal, es una costa granítica abierta al mar y pequeñas rías con arenales hacia el interior.

El litoral atlántico, comprendido entre cabo Ortegal y A Guarda, tiene una gran diversidad de contrastes. A su vez se divide en dos sectores, el primero desde Ortegal

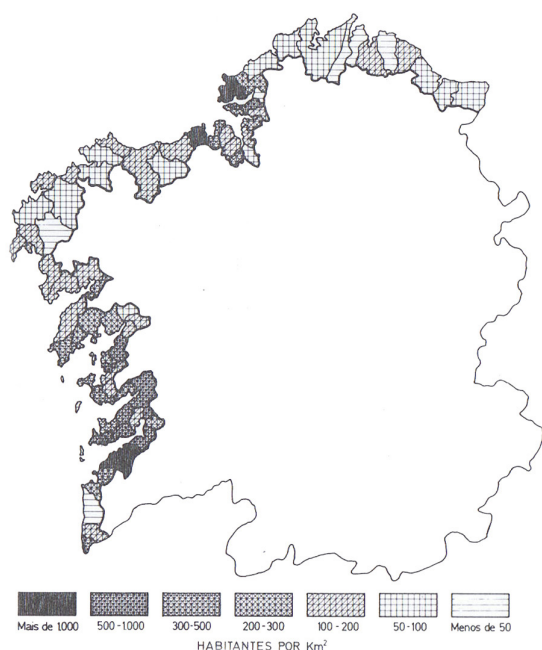
hasta Fisterra y el segundo abarcando todas las rías bajas gallegas.

El primer sector marcado por tener una gran variedad de relieves, desde grandes acantilados (costa da Morte) a grandes arenales y valles (Eume, Mandeo...). El clima, aunque menos extremo que en el litoral cantábrico, sigue siendo oceánico-húmedo afectado por las borrascas de Noroeste de carácter frío y lluvioso. El perfil que va desde A Coruña hasta el cabo de Finisterre favorece la creación de procesos ciclogénicos e inestabilidad debido al encuentro del mar con una costa que gana altitud con rapidez y desestabiliza las masas de aire provenientes del atlántico.



10. Cabo Touriñán

Fuente: Plan de Ordenación del Litoral, 2010.



Esta costa con un carácter más abrupto ofrece pocas posibilidades de asentamientos ya que el acceso al mar está complicado en casi toda su longitud y ofrece pocos lugares que ofrezcan protección frente a los vientos. Se trata por lo tanto de una costa con poca densidad de población exceptuando el área de A Coruña

Es en el segundo sector del litoral gallego. La franja de costa que discurre entre el cabo de Finisterre hasta A Guarda se caracteriza por el tránsito que supone tanto desde el punto de vista morfológico como climático y biogeográfico (Caamaño, 2006, 222). En un primer tramo, hasta la sierra de la Barbanza, las temperaturas medias descienden al igual que los días de lluvia, caracterizándose por un clima oceánico-hiperhúmedo.

Comienzan a aparecer en este tramo de costa grandes rías que dan cobijo a las embarcaciones y los entrantes y salientes de la costa facilitan la entrada al mar y los asentamientos.



12. Vista de la playa de Carnota

Fuente: imagen propia



13. Ría de Arousa

Fuente: www.galiciaunica.es

El último sector comprende desde la sierra de la Barbanza, al norte de la ría de Arousa hasta la desembocadura del río Miño en A Guarda. Nosotros haremos una segunda diferenciación tal como se establece en POL (imagen 7). La costa granítica caracterizada por grandes entrantes y salientes da paso a partir de Baiona una gran línea recta que marca la costa hasta el Miño .

En este sector el clima oceánico-húmedo se caracteriza por una aridez en la época estival, las precipitaciones son más estacionales y las temperaturas medias suben hasta los 14°-15° (Caamaño Suárez, 2006, 222). En esta franja costera aumentan los asentamientos, las densidades de población y se da una mayor vinculación del hombre con el mar.

En este tramo de costa de las Rías Baixas, éstas se vuelven más amplias y tranquilas con grandes zonas de arenas y protegidas de los vientos. Estas características permiten que aparezcan asentamientos en muchos lugares ya que el acceso al mar es inmediato en casi todo su perímetro.

En aspectos generales del clima gallego cabe destacar la influencia del relieve costero, las sierras pegadas a la

costa crean inestabilidad en las borrascas oceánicas provocando precipitaciones.

Por otro lado las rías no ofrecen resistencia funcionando como un canal de entrada permitiendo que la borrasca descargue de una manera equitativa tanto en el interior como en la costa.

Otro aspecto a tener en cuenta en la costa gallega son las brisas marinas como se explica en el Atlas Climático de Galicia:

Las brisas marinas son el resultado de la dilatación vertical de la columna de aire que tiene lugar durante las horas de máxima insolación en la costa y que hace descender las superficies isobáricas, formando vientos que soplan hacia la costa en la superficie y que se ven compensados en las alturas por un movimiento en sentido contrario. A lo largo de la noche se produce el efecto contrario debido a que la temperatura de superficie del mar es más alta que la de la tierra.

Este efecto influye notablemente en las temperaturas y humedades de las zonas costeras, aspecto muy a tener en cuenta a la hora de establecer un núcleo, sobre todo en el sur gallego donde es posible que en la época estival sea necesario una ventilación para bajar las temperaturas en las viviendas.

3.1 Incidencia del clima en la arquitectura

Pasamos ahora a estudiar los efectos del clima tanto en la arquitectura como en el confort de los usuarios. Todos los aspectos vistos anteriormente se pueden resumir en cuatro parámetros que son los que condicionan un clima: La temperatura del aire, la radiación solar, la humedad del aire y el movimiento del aire.

Todos estos datos influyen en el usuario y en el tipo de arquitectura que este va a desarrollar para protegerse de las inclemencias meteorológicas. Pero no sólo estas variables influyen en la caracterización de un clima, también hay otros fenómenos que actúan sobre el bienestar de las personas tales como las sensaciones térmicas, táctiles, visuales, etc.

El confort del usuario por lo tanto es un aspecto totalmente subjetivo en el que influyen otros parámetros aparte de los mencionados anteriormente.

Rafael Serra en su libro *Arquitectura y climas* diferencia entre parámetros ambientales o de confort y los factores de confort. (Serra, 1999, 13).

En los primeros se refiere a todas aquellas características que son objetivables y cuantificables independientemente de los usuarios.

Por otra parte, los factores de confort son aquellos que varían en función de los usuarios y que influyen en la percepción del ambiente. Estos factores van desde los aspectos biológicos-fisiológicos, condiciones sociológicas hasta los psicológicos.

TIPO	CONCEPTO		SÍMBOLO	UNIDAD	LÉXICO
VISUALES	Iluminancia (nivel)		E	lux	alto/bajo
	Luminancia (contraste)		L	—	alto/bajo
	Direccionalidad (efecto sombra)		—	—	difuso/dirigido
	Color luz	Temper. color	Tc	K	frío/cálido
		Rendim. color	IRC	%	bueno/malo
	Color del ambiente		—	—	neutro/vivo
ACÚSTICOS	Nivel sonoro		N	dB	alto/bajo
	Tono (frecuencia fundamental)		f	Hz	agudo/grave
	Timbre (composición espectral)		—	—	tipo...
	Direccionalidad		—	—	difuso/dirigido
	Reverberación (tiempo de)		TR	s	alto/bajo
CLIMÁTICOS	Temperatura	del aire	Ta	°C	alto/bajo
		de radiación	Tr	°C	alto/bajo
	Humedad relativa		HR	%	húmedo/seco
	Movimiento del aire		v	m/s	fuerte/flojo
	Composición del aire		—	—	limpio/sucio

14. Parámetros de confort
Fuente: Rafael Serra, 1999, 14.

Por lo tanto el confort de un determinado espacio se puede controlar desde los parámetros ambientales garantizando un ambiente adecuado, que después se verá modificado por los factores individuales del usuario, un aspecto que ya no podremos controlar tan precisamente como los anteriores.

Estudiaremos ahora las características del clima gallego y su influencia en el confort del usuario.

En Galicia, de los cuatro parámetros antes mencionados, cobran especial importancia los tres relacionadas con las características del aire. La radiación solar, si bien es un factor importante a la hora de conseguir ganancias térmicas en invierno, no supone un problema importante de sobrecalentamiento en verano salvo en el sur de Galicia.

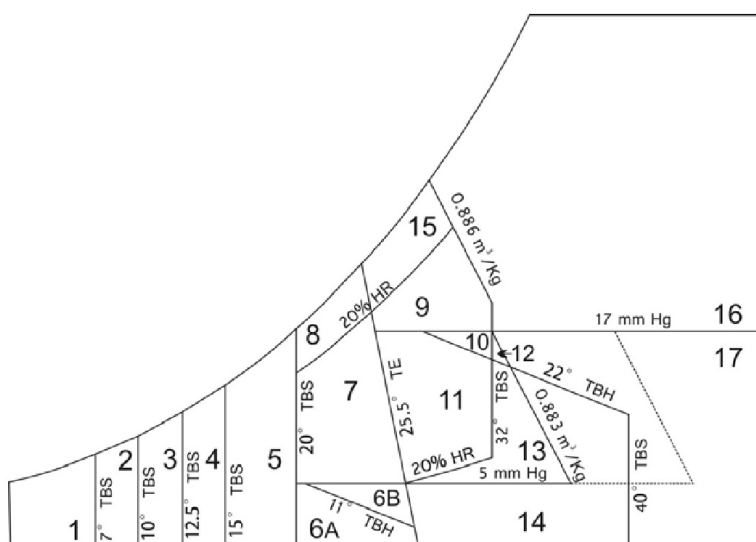
La temperatura y la humedad del aire se estudiarán como un todo ya que una afecta directamente a la otra incrementando los efectos. La velocidad del aire se estudiará como un factor a tener en cuenta en el asentamiento (en las disposiciones de las edificaciones y de las masas arbóreas) y en las ventilaciones internas de las viviendas,

teniendo en cuenta que velocidades superiores a 0.3 m/s equivalen a un descenso de 1 °C en la sensación térmica (Serra, 1999, 20).

En climas cálidos con temperaturas altas a mayor humedad mayor es la sensación de calor ya que el cuerpo no es capaz de bajar la temperatura por evaporación a través de la piel.

Esta sensación de calor debida a la humedad en altas temperaturas se invierte en condiciones de frío y humedad. En Galicia las temperaturas medias en torno a los 10-15 °C en toda la costa y la excesiva humedad, también debida al mar y a las abundantes precipitaciones, hacen que la sensación térmica de frío se incremente. Esto es debido a que la ropa se humedece aumentando por consiguiente la conductividad. Esto es un problema muy a tener en cuenta en estancias prolongadas con escaso movimiento ya que el cuerpo no produce tanto calor y se incrementa la sensación de frío. (Serra, 1999, 23).

Para conseguir un adecuado nivel de confort en el interior de las edificaciones es necesario aumentar la temperatura y establecer una adecuada ventilación.



Carta Bioclimática

15. Estrategias de diseño en diagrama psicrométrico
Fuente: Víctor Armando Fuentes Freixanet, 79.

Requerimientos Bioclimáticos

Calentamiento:	1-5
Enfriamiento:	9-17
Confort:	7
Deshumidificación:	8-9, 15-16
Humidificación:	6A, 6B (14)

Estrategias de Control Bioclimático

Restringir

Conducción:	1-5; 9-11; 15-17
Infiltración:	1-5; 16-17
Ganancia Solar:	6-17

Promover

Ganancia Solar:	1-5
Ventilación:	9-11
Enfriamiento Evaporativo:	11, 13-14 (6B)
Enfriamiento Radiante:	10-13
Enfriamiento Mecánico:	17
Enfriamiento Mecánico y Deshumidificación:	15-16

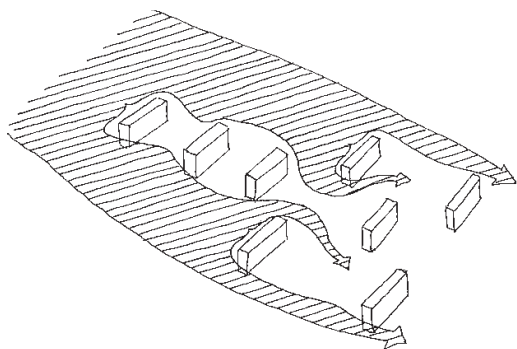
El aumento de la temperatura disminuye la humedad relativa del aire, mientras que la ventilación reduce también un descenso de la humedad y a largo plazo un aumento de la sensación de confort. En este punto es necesario controlar la velocidad del aire.

Las diferentes tareas dentro de la vivienda aumentan el contenido de vapor de agua y por lo tanto la humedad relativa en el interior con lo que las estrategias de ventilación tienen una importancia capital en los edificios.

Cabe distinguir en los climas templados dos tipos de regímenes de actuación, de verano e invierno en el que las estrategias varían dando más importancia a una u otra. En el caso Galicia los veranos no suponen un calentamiento excesivo de las edificaciones pero que fácilmente se pueden alcanzar las condiciones óptimas con estrategias pasivas.

En invierno la estrategia principal consistirá en mantener el aire caliente interior limitando la transmisión de calor a través de los cerramientos y en la medida que se pueda aislar térmicamente. La renovación de aire interior es necesaria para eliminar los efectos de la humedad en el confort térmico.

El movimiento del aire como otro factor a tener en cuenta en el confort térmico es especialmente importante a la hora de la situación del asentamiento y de la posición y orientación de las edificaciones.



16. Esquema de emplazamiento
Fuente: Rafael Serra, 1999, 48.

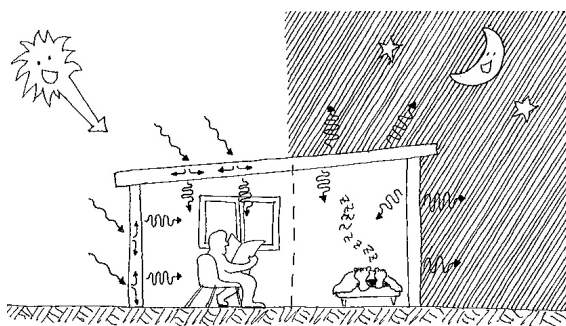
El movimiento del aire en el interior también es un tema a considerar dada la importancia que cobra la ventilación de las estancias en los climas húmedos, por lo que una correcta distribución interior mejorará la renovación de aire interior.

El otro factor importante en el diseño arquitectónico es la radiación solar y las posibles ganancias térmicas que se podrán aprovechar para caldear la edificación.

La radiación solar llega hasta nosotros a través de ondas electromagnéticas, únicamente una franja comprendida entre los 380 y los 760 nanómetros es visible para el ojo humano pero la luz solar comprende un espectro que va desde los 10 hasta los 10-1 nanómetros. Como todas las radiaciones son una forma de energía y estas al chocar contra otro cuerpo se transforman y en este caso se convierte en calor.

La radiación de onda larga o infrarroja (760-10-1 nm) es absorbida por los cuerpos a los que le da la luz por lo que estos se calientan.

Casi la mitad de los intercambios de energía del cuerpo humano con el medio ambiente se realizan por radiación. Esto quiere decir que la piel recibe la radiación de los elementos que la rodean, según el balance de energías esto supondrá una sensación térmica de calor o frío. (Serra, 1999, 33).



17. Ganancias térmicas por radiación solar
Fuente: Rafael Serra, 1999, 34.

Por lo tanto si durante el día los muros se calientan debido a la radiación solar estos pasarán el calor hacia el interior, irradiando calor tendremos un equilibrio de energías entre el cuerpo y los elementos que nos rodean, consiguiendo una sensación térmica agradable.

El concepto de inercia térmica utilizado en la arquitectura se logra con muros con gran masa y capacidad de almacenamiento de energía. Estos muros absorben la energía solar durante el día y

los disipan durante la noche, esto crea un colchón térmico que hace que sea más fácil mantener una temperatura constante en el interior de una edificación.

El problema de la inercia térmica viene dado en climas con grandes cambios de tiempo en los que necesitas una gran rapidez de adaptación al medio. Sin embargo en el clima gallego, sin cambios bruscos de temperatura, esta técnica funciona adecuadamente permitiendo mantener una temperatura estable en el interior.



18. Restructuración y extensión en Rennes. Maurer architecture
Fuente: <http://www.maurer-architecture.com/>

La ganancia térmica por los huecos del cerramiento también es importante ya que permite el calentamiento de los materiales interiores pero evita que se enfríe por el contacto con el exterior.

En la costa gallega los sobrecalentamientos de las estancias en verano debido a la radiación solar no suele presentar un problema muy grave. En la costa sur con un clima en el que las épocas estivales presentan índices de radiación más altos los sistemas de ventilación suponen una medida lo suficientemente efectiva como para evitar el sobrecalentamiento interior.

Por otro lado la vegetación también supondría una medida efectiva tanto para eliminar parte de la radiación directa sobre el edificio como para enfriar parte del aire de ventilación.

Como resumen el clima gallego, con variaciones a lo largo de su costa, presenta unas características similares, que en función de su posición y morfología irán variando dentro de unos límites. En cuanto a la incidencia del clima en las construcciones, los vientos, las orientaciones, la lluvia y el soleamiento serán piezas claves a tener en cuenta.



19. Edificio de oficinas en Landquart. Bearth & Deplazes, Chur
Fuente: Christian Schittich, 2005, 129.

4. Arquitectura de la costa gallega

Como ya vimos anteriormente, la costa gallega se caracteriza por una infinidad de ambientes y circunstancias que se van sucediendo a lo largo de su longitud. Estas características del territorio condicionan los asentamientos de esta forma no todos se dedican a la pesca, si no que una parte de ellos la compatibilizan con la agricultura mientras que otra parte se dedica únicamente a la agricultura.

En la costa norte la mayoría de los asentamientos se dedican a estas dos actividades. A medida que bajamos hacia el sur, las condiciones más amables del territorio facilitan el acceso al mar por lo que la pesca cobra más importancia y aparecen más poblaciones y de mayor densidad.

La relación que se establece entre los procesos continentales y marinos crean

el paisaje de la costa gallega, alternando acciones de erosión y de acumulación generando sectores rocosos y grandes arenales. La situación del asentamiento se establece en función del tipo de costa, que vienen dados por las diferencias litológicas y climatológicas.

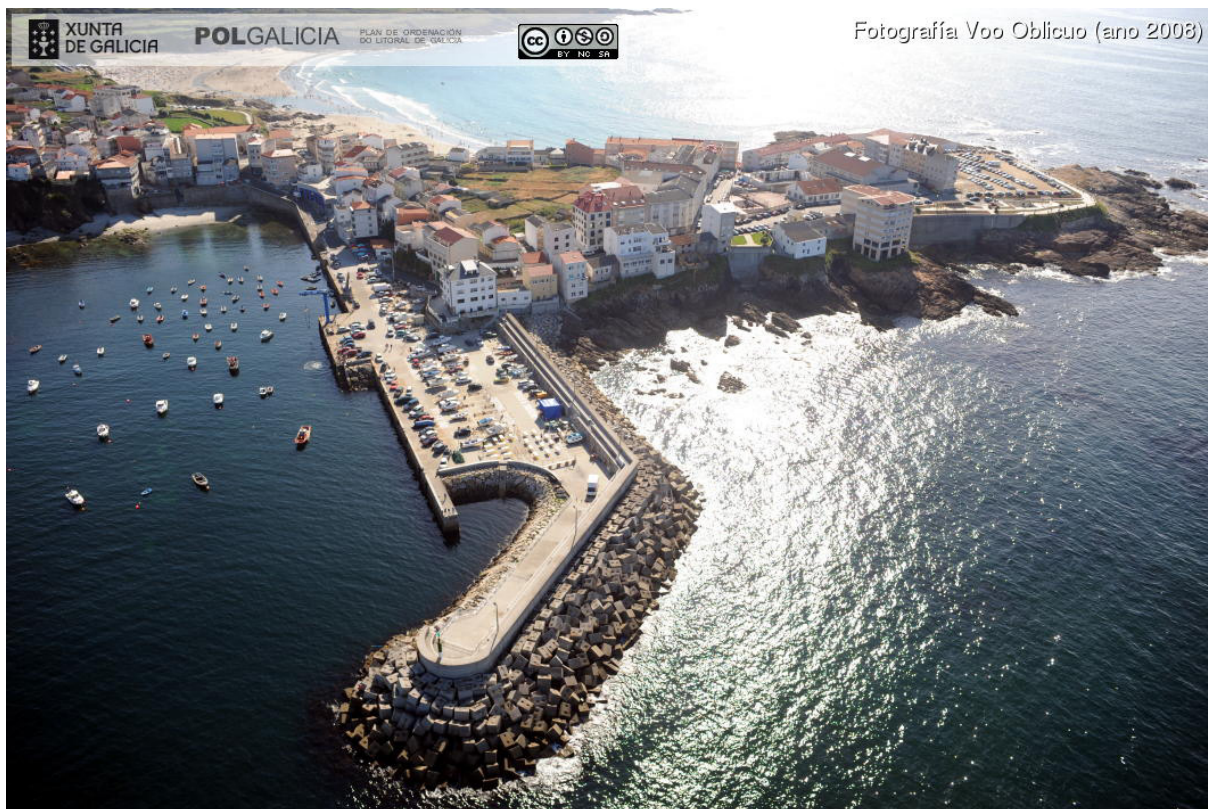
De esta forma pueden aparecer asentamientos asociados a: lagunas y áreas hidromorfas, costas acantiladas, planicies costeras bordeadas por acantilados, planicies costeras flaqueadas por arenales y penínsulas. (Plan de ordenación del litoral, 2010, 12).

En función de estas características, las poblaciones dedicadas al mundo de la pesca aparecen en puntos estratégicos, a resguardo de los vientos, con abastecimiento de agua dulce y lo más importante, con fondeaderos abrigados para las embarcaciones.



20. Combarro

Fuente: Plan de Ordenación del Litoral, 2010



21. Caión

Fuente: Plan de Ordenación del Litoral, 2010



22. Playa de Altar, Barreiros.

Fuente: Plan de Ordenación del Litoral, 2010

Estos núcleos a menudo presentan unas características similares:

- Aparecen como un conjunto agrupado de edificaciones.

- Una primera línea de edificaciones ente medianeras con poco frente conforma la fachada del pueblo al mar, generando una mayor compacidad.

- Las calles se desarrollan en paralelo a la línea de costa y otras en perpendicular a ellas situadas al tresbolillo en caso de vientos fuertes perpendiculares a la costa, cortando así las posibles corrientes de aire que se puedan formar.

- Crecen hasta formar un núcleo compacto siguiendo la ladera y las curvas de nivel.

- En caso de una topografía muy abrupta las viviendas pueden aparecer semienterradas.

Las condiciones del emplazamiento tanto a nivel topográfico como climatológico pueden significar una arquitectura más cerrada y compacta para una mayor protección o una más abierta, tanto a nivel de edificación como de núcleo urbano.

Debido a las singularidades de la costa gallega no hay una vivienda tipo que se repita a lo largo de toda la ella, pero si que existe una base sobre la que se van introduciendo variaciones en función de su localización. (Caamaño Suárez, 2006, 234).

Las construcciones realizadas por los propios habitantes con los materiales que le rodean dan una respuesta precisa a las

condiciones del lugar. La sabiduría popular adquirida a lo largo de los años lleva a una máxima explotación de las características de los materiales utilizados.

Son construcciones hechas para dar solución a un problema sin grandes alardes y en la que tenían que vivir varias generaciones.

Los materiales utilizados en la construcción de estos edificios varían del norte de Galicia al sur. En la zona que va desde Ribadeo hasta Valdoviño la pizarra aparece como material de construcción de los muros mientras que desde Valdoviño A Guarda el granito es el principal material. Junto a estas dos piedras aparece la madera de castaño y de carballo, el vidrio, el hierro y la teja. (Caamaño Suárez, 2006, 233).

Otras características que se repiten son la fachada principal con barro caleado, la fachada orientada al vendaval (S-S.O.) se protege con losas de pizarra, piche o conchas de vieira. Destaca también la cuidada ejecución en las ventanas y puertas para una mayor duración y protección de la vivienda frente al agua y vientos (Caamaño Suárez, 2006, 233).

Los principales problemas a los que se enfrentaban a la hora de construir eran a los temporales de sur suroeste y la entrada de lluvia en la vivienda debido al viento. Las viviendas más humildes tienen los muros bajos para presentar una estabilidad mayor frente al viento.

Las viviendas se levantaban sobre la propia piedra de la costa sirviendo esta como cimentación de la edificación. En caso de construirse en zona arenosa se excavaba un poco y se colocaban piedras a modo de zapatas, en estos casos las edificaciones suelen presentar poca altura debido a la inestabilidad del terreno. (Caamaño Suárez, 2006, 235).



23. Villa Marinera

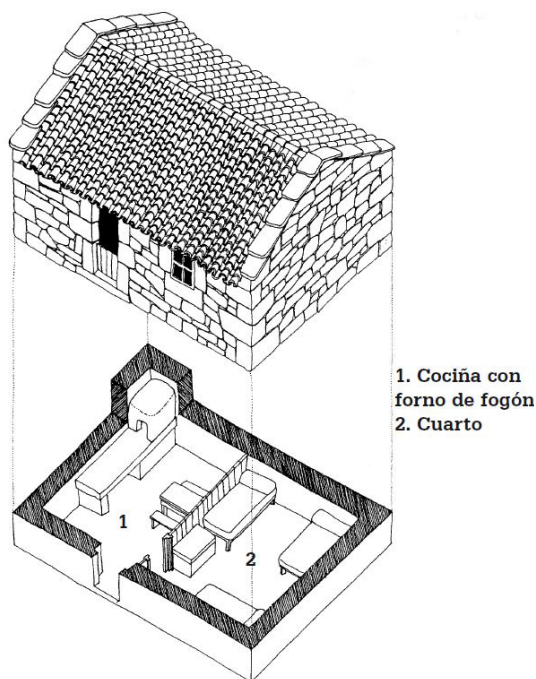
Fuente: Pedro de Llano, 1983, 31.

A continuación se describen los cuatro modelos diferenciados de casas marineras con unas características constructivas y distributivas semejantes pero aun así con variantes y diferentes combinaciones en función de su situación.

La casa Térrea.

Edificación realizada con pocos recursos, de planta rectangular y compacta, modelo primitivo del que evolucionan las otras tipologías. El espacio interior sin subdivisiones acogía la cocina el dormitorio y el almacén. En una evolución posterior se aumenta el tamaño de la edificación y en interior aparecen recintos separados, una cocina y en la parte posterior dos o tres cuartos. En una tercera evolución se aprovecha el espacio debajo de los faldones de cubierta como lugar de almacenaje. Esta vivienda podía aparecer aislada o entre medianeras unidas por el muro más largo.

Las dimensiones vienen dadas principalmente por los recursos de los que disponían, por lo tanto las luces y las crujías dependen de los maderos utilizados como trabe de la cubierta. Los muros, en función de las posibilidades económicas y materiales

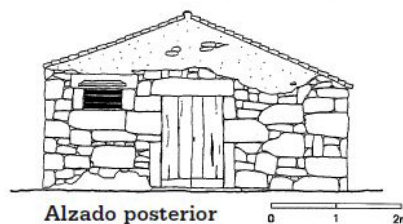


24. Casa-vivienda térrea
Fuente: Manuel Caamaño, 2006, 235.

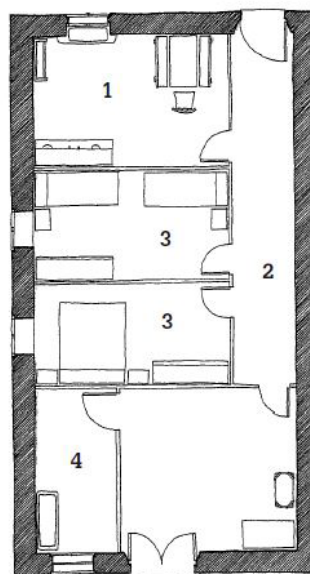
varían entre el perpiaño o cachotería en seco.

La casa del Pincho.

Como la describe Pedro de Llano “tipología de origen medieval habitualmente situada entre medianeras que se caracteriza por la presencia de uno de sus muros piñones en la fachada frontal de la edificación”. La fachada con una anchura entre 3 y 5 metros disponía de una puerta y en algunos casos una ventana, la cubierta a dos aguas perpendicular a la fachada principal, aparece por lo tanto un elemento que recoge las aguas entre dos viviendas y unas elementales gárgolas para expulsarla. La evolución en esta variante va un paso más allá que en la casa térrea al incorporar una segunda planta en el bajo cubierta y unas escaleras interiores para facilitar el acceso. (de Llano, 1983, 55).



1. Cocina
2. Pasadoiro
3. Cuarto
4. Cortello
5. Sala



Planta

25. Casa do pincho
Fuente: Manuel Caamaño, 2006, 236.



26. Casa del Pincho en Beluso, Bueu
Fuente: Manuel Caamaño, 2006, 237.

La casa del Pincho es la base sobre la que evolucionan las viviendas de dos o más plantas que vienen a continuación variando principalmente la posición de las escaleras.

La casa del Patín.

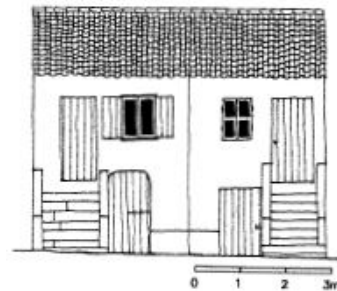
Este modelo está muy difundido en el litoral atlántico, principalmente en las rías bajas (Caamaño Suárez, 2006, 239). La característica principal de este tipo de viviendas es el acceso al segundo piso desde una escalinata exterior. Este modelo de construcción se sitúa la mayor parte de las veces entre medianeras dónde el terreno comienza a ser abrupto.

La planta baja en esta tipología se utiliza como almacén o corte mientras que en la primera planta se encuentra el patín, la cocina y los cuartos. La separación de la vivienda del plano de suelo aumenta la salubridad de esta al no estar en contacto directo con las humedades del suelo.

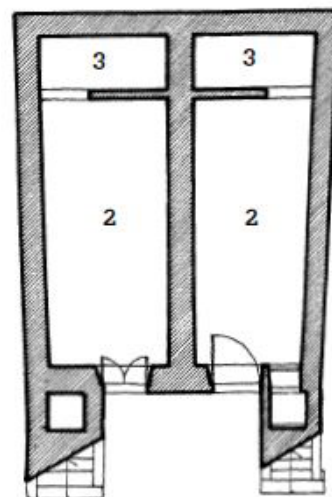


27. Casa do patín, Cangas do Morrazo
Fuente: Manuel Caamaño, 2006, 241.

El patín de acceso a la vivienda superior puede aparecer como una zona a resguardo bajo el vuelo de la cubierta, esto crea un espacio dónde pueden dejarse a secar las redes, las vestimentas o diferentes alimentos.

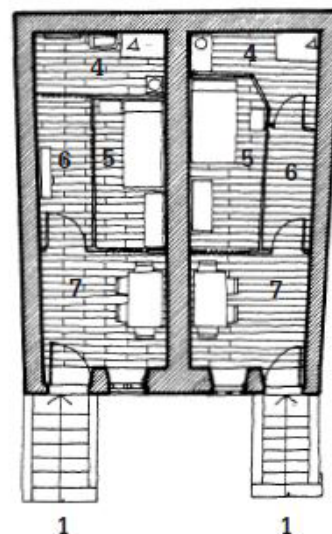


Alzado frontal



1. Patín
2. Almacén de útiles de pesca
3. Esterqueira
4. Cocina
5. Cuarto
6. Pasadoiro
7. Sala

Planta térrea



Primeiro andar

28. Casa del patín
Fuente: Manuel Caamaño, 2006, 240.

El vuelo de la cubierta protege de la lluvia la entrada de la casa y establece un lugar donde poder sentarse en el exterior pero a cubierto.

El patín supone un primer acercamiento a la solaina que se dará en como una de las variaciones de las viviendas de dos plantas.

La casa de dos plantas.

Supone un desarrollo constructivo de esa primera casa del pincho de dos plantas con escalera interior, aumentando las dimensiones y la calidad de la construcción. En la planta baja aparece la cocina junto con un pequeño almacén y la cuadra y en la planta superior se desarrolla la vivienda.

Aparecen en esta tipología diferentes elementos que pasamos a desarrollar:

El **corredor** aparece en muchas áreas geográficas gallegas, en la costa norte este elemento sirve como protección del viento y

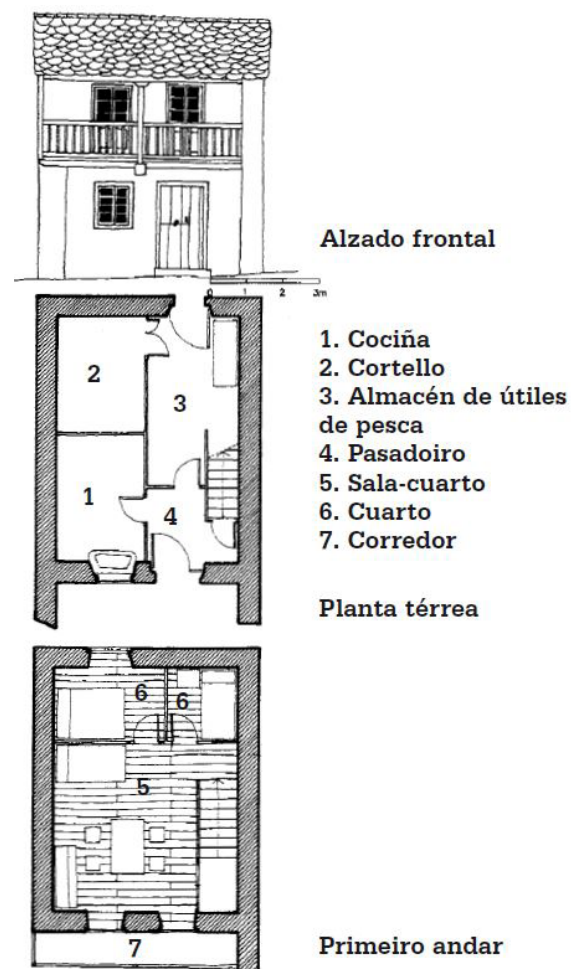


29. Casa con corredor
Fuente: Pedro de Llano, 1983, 103.

de la lluvia, mientras que en el sur se usa como una estancia más de la vivienda. El corredor o "solaina" se sitúa debajo de la prolongación de la cubierta. (Caamaño Suárez, 2006, 244).

Este elemento constructivo aparece como una primera fase de defensa de los huecos del viento y de la lluvia de los temporales. En la costa norte aparece como un lugar de resguardo donde poder secar la ropa o la comida; en el sur, en las épocas estivales es posible utilizarlo como una estancia más y ayuda a proteger las ventanas de la incidencia directa del sol.

Por otro lado permite un espacio de relación, de transición entre la calle y la vivienda en la planta baja, debajo del corredor.



30. Casa con corredor
Fuente: Manuel Caamaño, 2006, 242.



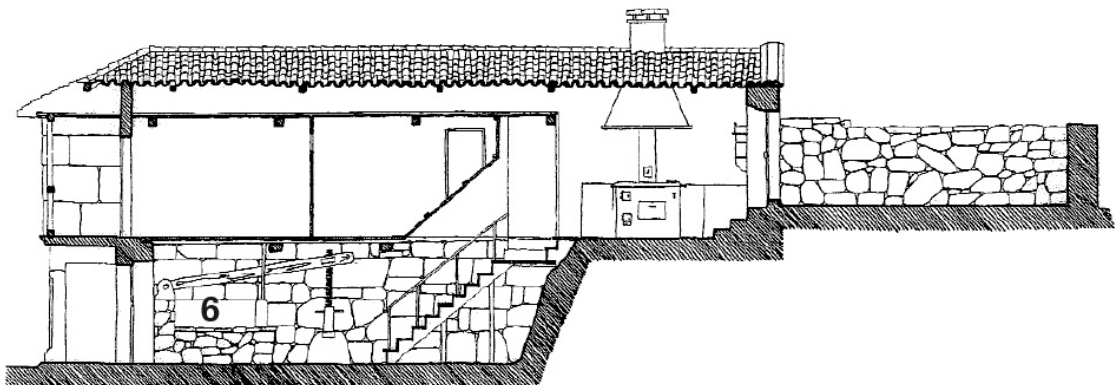
31. Calle asoportalada
Fuente: Pedro de Llano, 1983, 137.

El **soportal** aparece en las plantas bajas de algunos núcleos marineros como un espacio donde guardar las embarcaciones, los aparejos de pesca y sobre todo como un elemento de protección frente a la climatología, un lugar por donde poder circular.

El soportal integra la casa en el espacio público expandiendo este y estableciendo una relación entre el interior

y el exterior de las viviendas. Las viviendas con soportales se construían unas pegadas a las otras generando un espacio cubierto a lo largo de la calle o plaza por donde los vecinos podían transitar sin mojarse los días de lluvia. (de Llano, 1983, 127).

En un aspecto constructivo mejora el encuentro entre la calle y el muro de la vivienda, protegiéndolo de la lluvia y manteniéndolo seco.



32. Sección de casa asoportalada
Fuente: Manuel Caamaño, 2006, 245.

La **galería** aparece como una evolución de la casa corredor, un elemento de protección de los huecos frente a los fuertes vientos y las lluvias de los temporales de sur, suroeste. Esta modificación proporciona a la vivienda una mejora del aislamiento térmico y una mejor protección del viento y de la lluvia.

A diferencia del corredor aparece como un elemento completamente cerrado con algunas aberturas para permitir la ventilación. Esto hace que en la costa norte puedan utilizarlo como un lugar de estancia más, no como ocurría con el corredor.

El funcionamiento de la galería como aislante se basa en la ganancia térmica por la radiación solar. Los elementos de vidrio dejan pasar la luz solar calentando los gruesos muros de piedra de detrás, estos acumulan el calor durante el día y por la noche lo ceden a la vivienda.

En verano funcionan también evitando que la piedra se caliente protegiéndola del impacto directo del sol, con lo que se mantiene una temperatura más baja en el interior.



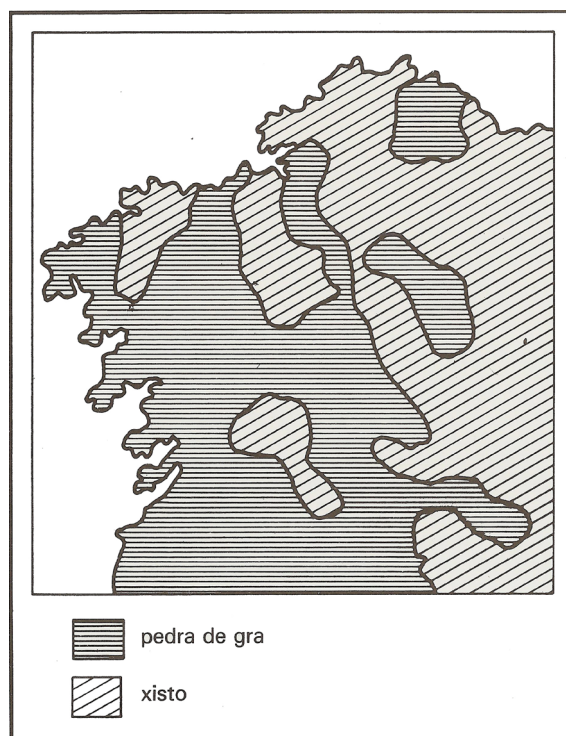
33. Casa con galería cerrada en la costa da morte
Fuente: Pedro de Llano, 1983, 107.

4.1 Construcción de la arquitectura gallega

Una vez vistas las diferentes tipologías de las casas marineras de la costa gallega y los aspectos a tener en cuenta a la hora de buscar un asentamiento, pasamos ahora a estudiar la forma en la que se construían las diferentes partes de las edificaciones.

Los elementos característicos de las edificaciones de la costa gallega son la cubierta, los muros y las aberturas. Estos tres elementos presentes en todas las tipologías configuran una respuesta de una sociedad al medio en el que viven, en donde todos los gestos aparecen como respuesta a un problema.

Las casas construidas por los propios vecinos formalizan una solución en función, de los materiales, los medios y del territorio inmediato. Los escasos conocimientos técnicos llevan a la repetición de una tipología en dónde no se cambian los aspectos básicos de luces (condicionados por la longitud máxima de las maderas utilizadas como trabe) o



34. Materiales minerales gallegos
Fuente: Pedro de Llano, 1989, 36.

la altura de los muros, condicionados en la costa por el efecto del viento.

Los materiales cambian sobre todo en el uso de los diferentes tipos de piedra como pizarra o el granito según la localización geográfica.

Centrándonos únicamente en las construcciones de la Galicia litoral no existen grandes diferencias en las materializaciones como se pudo observar en las tipologías estudiadas. Si bien, hacia el interior de Galicia aparecen otras tipologías adaptadas al clima interior y con otros condicionantes y materiales que no se encuentran en la costa.

Muros

Empezamos estudiando los muros y las aperturas para acabar con los sistemas de cubiertas

El muro es el elemento principal de las edificaciones, es el encargado de separar la vivienda del exterior y aquel elemento

resistente que soporta la cubierta. Debido a la gran presencia de la piedra en todo el territorio gallego y a sus características resistentes, de durabilidad, facilidad de extracción y manipulación la convierten en un material idóneo para la construcción de los muros. (de Llano, 1989, 75).

En la costa gallega existen diferentes tipos de muros según su material (pizarra o granito) o su técnica constructiva (cachotería o cantería).

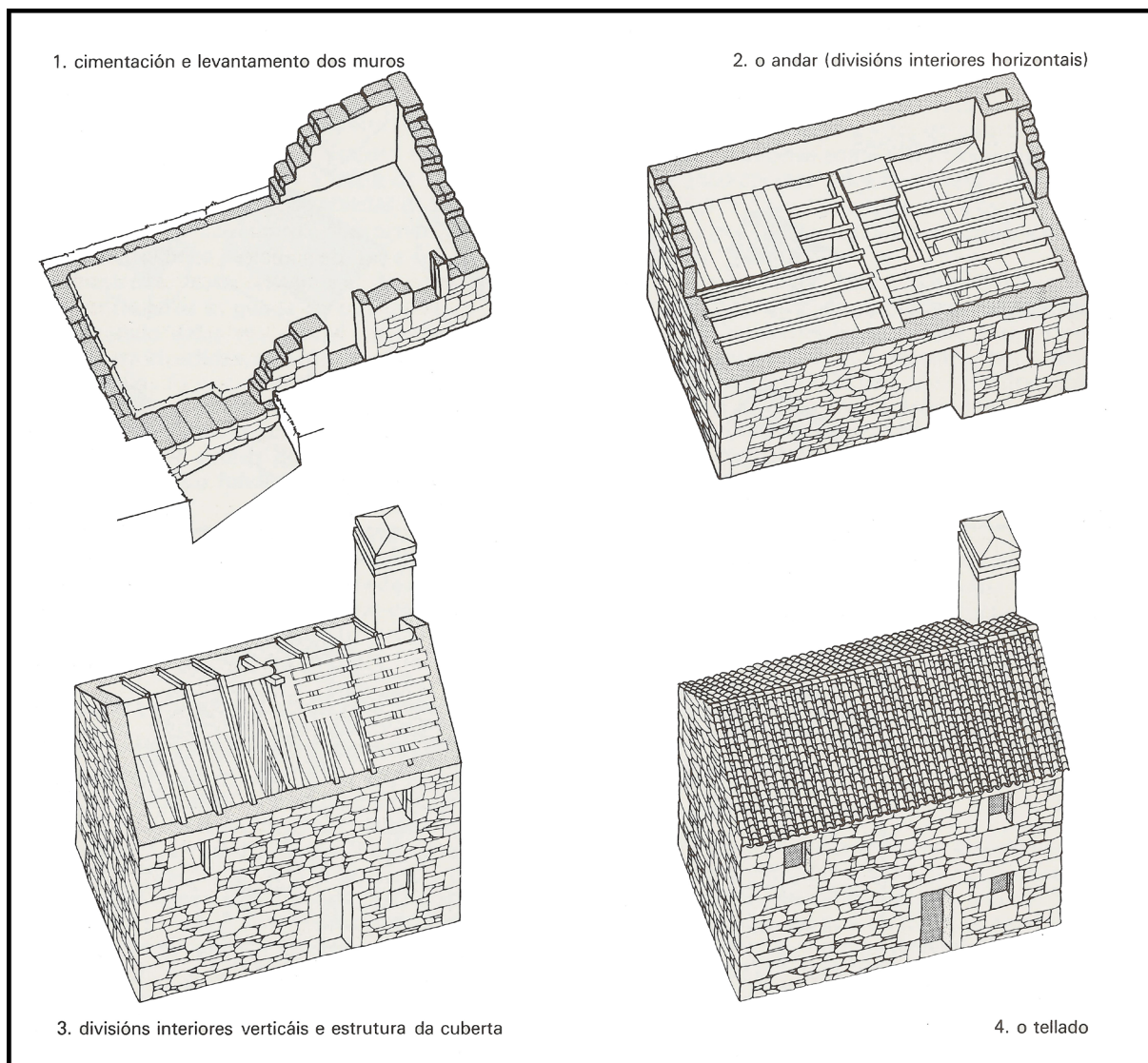
Muros de cachotería de granito.

Una de las técnicas más utilizadas en el territorio gallego debido a la abundante presencia del granito en todo el.

Las trozos de piedra utilizados en la construcción de los muros provienen de canteras como resultado del fraccionamiento de grandes rocas, estos cachotes tienen unas dimensiones irregulares pero con el tamaño suficiente para poder ser manipulados por un solo hombre. (de Llano, 1989, 75).



35. Casa en Castro Laborerio, Portugal
Fuente: <http://www.panoramio.com/>



36. Esquema de la construcción de una vivienda
Fuente: Pedro de Llano, 1989, 74.

El muro se forma mediante la superposición de estas rocas buscando la forma en la que asienten mejor pudiendo ir trabadas las piedras con un mortero de barro. Con espesores entre sesenta y setenta centímetros se sitúan las piedras más grandes y lisas cara el exterior para mantener una fachada lo más plana posible y con menos juntas y cara el interior las piezas más pequeñas. Cada cierta distancia se dispone una pieza más grande que trabe ambos muros y lo dote de resistencia.

Un acabado liso en la cara el exterior permite que el agua de las lluvias discurra por el sin acumularse, previniendo así las posibles humedades.

La cimentación de los muros se hace mediante la excavación de una franja de una vez y media el espesor del muro hasta el terreno firme, una vez alcanzado se rellena mediante piedras y unas piezas más grandes y lisas en el comienzo del muro. (de Llano, 1989, 81).

Muros de pizarra.

Estos muros de pizarra aparecen en las regiones del norte del litoral gallego.

La pizarra caracterizada por su naturaleza estratificada permite crear elementos de poco espesor (10-15 cm) que facilitan en gran medida su superposición para la creación de los muros. Las longitudes máximas de las piezas no suelen pasar de

los cuarenta centímetros para evitar posibles roturas por un mal asentamiento.

Los muros de pizarra presentan una gran estabilidad debido al buen ensamblaje de las piezas. Pueden aparecer en las aberturas del muro elementos de cantería hechas con granito como elementos de refuerzo.

Muros de cantería.

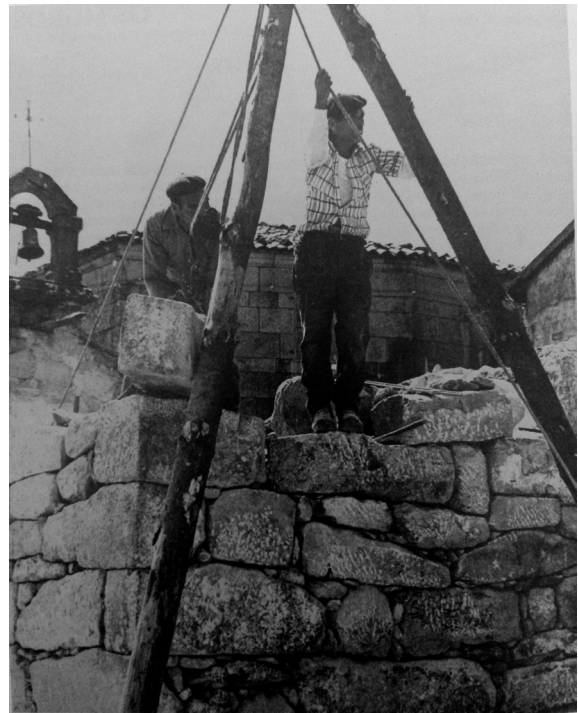
Por último aparecen los muros de cantería, conformados por sillares de granito labrados formando piezas regulares que permiten un montaje mucho más preciso. Este modo de construcción aparece relevado a arquitecturas de carácter civil o religioso debido a lo alto precio. (de Llano, 1989, 78).

La piedra utilizada en las construcciones de la arquitectura gallega ofrece a los muros una inercia térmica que ayuda en invierno a mantener una temperatura estable en el interior de las viviendas. A su vez los muros de piedra suponen un nivel de protección frente a la lluvia y los vientos que a veces se tienen que ver reforzada en la fachada orientada al temporal.

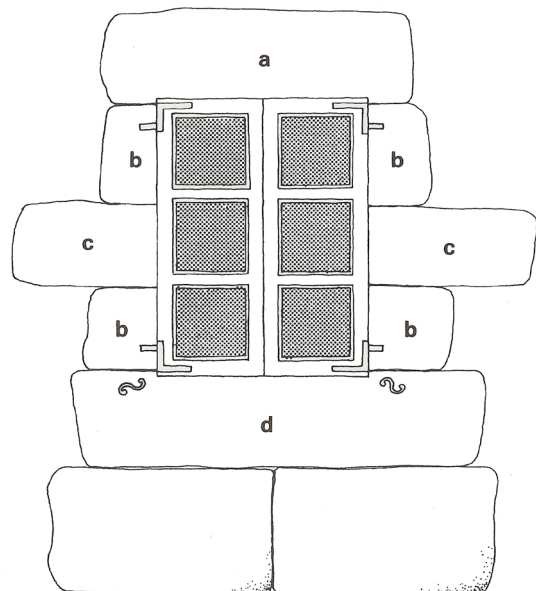
Los muros exteriormente suelen permanecer con la piedra vista, en algunos casos se le aplica un enlucido de barro caleado para protegerlo de la lluvia. En algunas zonas de la costa dónde las inclemencias meteorológicas sean especialmente duras pueden aparecer una capa de piche o cascarras de vieiras a modo de protección. (de Llano, 1989, 82).

Aberturas

Pasamos a estudiar las aberturas que se dan en los muros de las edificaciones. Como norma general estas aparecen enrasadas en el exterior del muro para una mejor evacuación del agua y evitar posibles acumulaciones que provoquen humedades en el interior.



37. Construcción de una edificación de cachotería
Fuente: Pedro de Llano, 1989, 76.



- a) lumieira
- b) agullas
- c) tranqueiros
- d) soleira

38. Esquema de una ventana
Fuente: Pedro de Llano, 1989, 87.

Los huecos aparecen como elementos hechos con un especial cuidado, piezas labradas en granito conforman el alfeizar, las jambas y el dintel.

Las ventanas con un hueco aproximado de ochenta centímetros de ancho por un metro de alto aparecen cerradas con contras de madera y elementos con paños de vidrio de escasas dimensiones.

Los huecos de las puertas se construyen con el mismo cuidado que las ventanas, la pieza inferior de piedra un poco elevada evita la entrada de agua. Las puertas aparecen partidas a la mitad horizontalmente permitiendo mantener la parte baja cerrada mientras que la superior abierta ventila la vivienda.

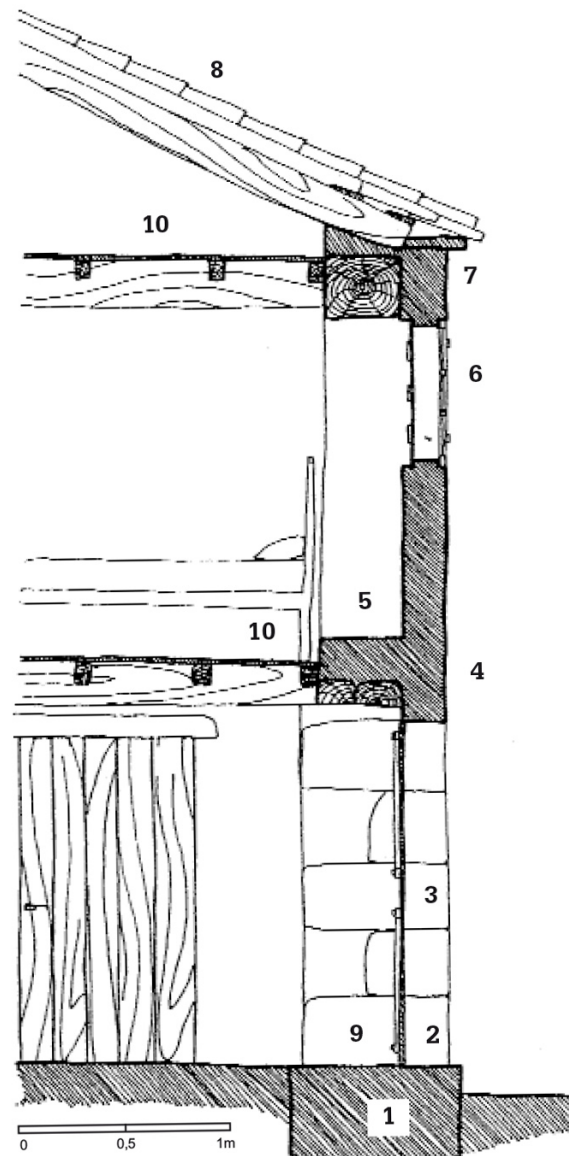
Aparecen también en las construcciones gallegas las bufardas, pequeñas aperturas tanto verticales como horizontales que se sitúan en las cortes para que estas ventilen.

Las aperturas realizadas en las viviendas populares solucionaban los problemas de acceso, ventilación e iluminación en una única pieza. Estos huecos se suelen orientar hacia el mediodía para aprovechar el máximo la ganancia térmica y lumínica de la luz solar.

Cubierta

La cubierta de las construcciones es quizás la parte más complicada de materializar, en ella aparecen la unión de diferentes materiales y a la vez es el elemento más expuesto a la lluvia y los vientos de la costa gallega.

Los materiales de acabado de la cubierta utilizados en la costa gallega, al igual que en los muros, varían en función de su localización, siendo la pizarra y la teja del país los materiales más utilizados. Pueden aparecer edificaciones secundarias con losas de granito. Por último aparece la madera



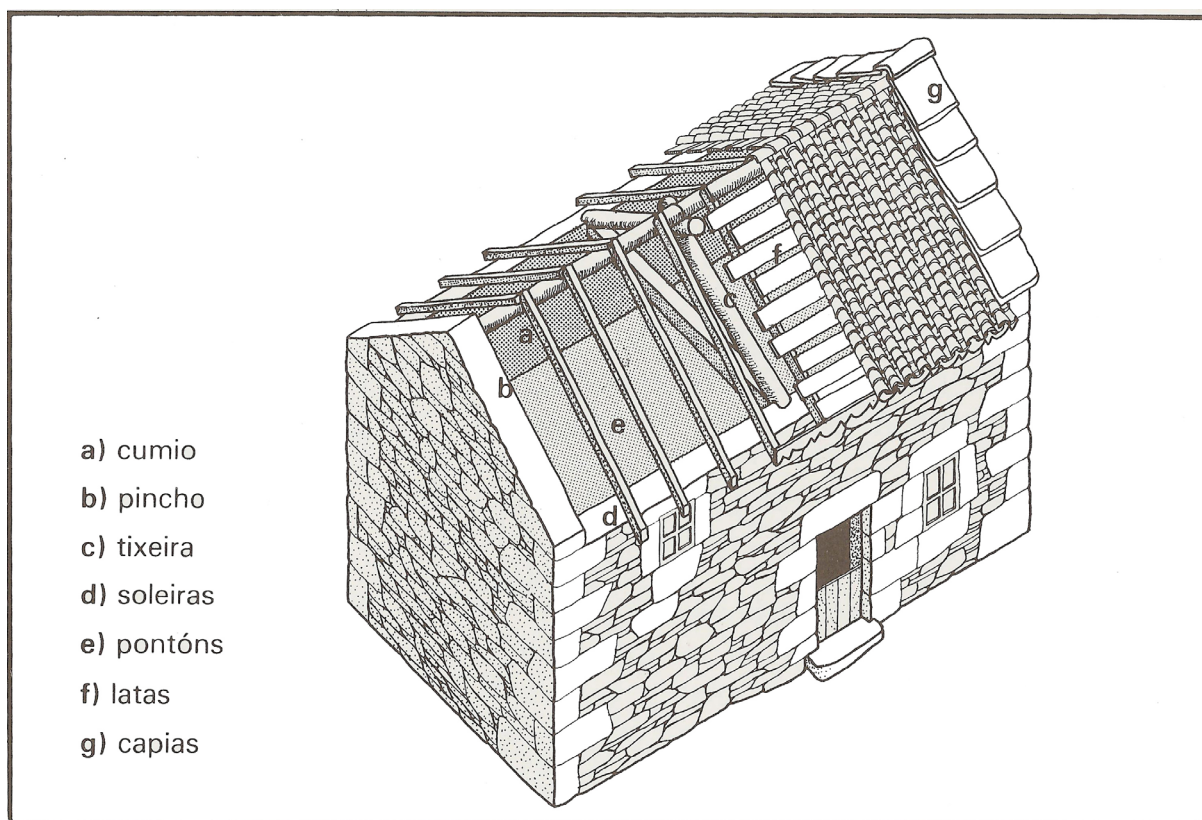
Exterior.

- 1: Cimentación, 2: Soleira
- 3: Porta de acceso principal
- 4: Lumieira reforzada con traveses de madeira
- 5: Peitoril, 6: Fiestra, 7: Beiril
- 8: Cubierta de tella

Interior.

- 9: Piso terreo
- 10: Armazón de división horizontal

39. Sección vertical de la fachada de una vivienda
Fuente: Manuel Caamaño, 2006, 108.



40. Partes del entramado de cubierta
Fuente: Pedro de Llano, 1989, 73.

como elemento resistente de la cubierta y que soporta el material de acabado.

Las cubiertas de pizarra aparecen junto con los muros de pizarra en aquellas zonas donde es abundante este material. Como ya se dijo en el apartado de los muros de pizarra, el carácter sedimentario de la pizarra permite crear grandes piezas de bajo espesor que colocadas con el solape e inclinación suficiente generan una superficie impermeable.

La utilización del granito en las cubiertas como material de acabado se reduce a construcciones auxiliares, sin embargo también puede aparecer formando los aleros, en el encuentro de la cubierta y el muro.

Las cubiertas de teja introducidas en la romanización de Galicia hacen que sea el elemento más extendido a lo largo del territorio gallego. Las cualidades de peso, impermeabilización, geometría y facilidad

de colocación hacen de la teja un elemento muy bueno como material de acabado. (de Llano, 1989, 70).

Las cubiertas de tejas obligan a una pendiente entre el 25 y el 40% para satisfacer las demandas de evacuación de aguas y a la vez que las piezas no se desplacen. Por otro lado, si este tipo de cubiertas aparecen, en regiones azotadas por fuertes vientos, con piedras encima para que no vuelen.

El entramado de la cubierta a dos aguas es el más extendido en Galicia y sobre todo en las tipologías de la vivienda marinera. El elemento principal del armazón es la trabe central o "cumio" apoyado en los muros laterales o "piñones", esta trabe puede ir apoyado en una estructura secundaria llamada tijera dependiendo de la luz o los materiales de la zona. Una segunda línea de estructura llamada pontóns o cangas se apoya en la trabe central y los muros principales de la casa. Por último se

colocan una serie de tablas formando un entramado sobre el que colocar el material de acabado.

Los aleros apenas aparecen en las construcciones gallegas limitándose a un pequeño vuelo de la estructura de pontóns para mejorar el encuentro de la cubierta con la fachada. El encuentro del muro piñón con la cubierta también es un punto delicado, normalmente se cubre el muro con el material de cubierta, pero puede darse otra solución. Si se eleva el muro un poco por encima de la cubierta, se pueden poner grandes losas de granito que protegen la unión.

El entramado de cubierta, aparte de proteger de las inclemencias meteorológicas permite también una ventilación de la vivienda al dejar pasar entre los diferentes materiales el aire. Por lo que se establece un sistema de ventilación a través de las aberturas de las fachadas y la cubierta.

Se estudiará ahora de una forma transversal las técnicas constructivas y los aspectos vistos anteriormente en relación con el clima. Esto nos llevará a dictaminar que técnicas de la arquitectura popular serán las que sirvan como base de conocimiento y posterior reinterpretación en la arquitectura actual.

4.2 Estrategias pasivas en la arquitectura popular gallega

Hasta este punto se ha estudiado por una parte el clima y los aspectos de este que influyen en la arquitectura. Por otro lado la arquitectura popular gallega y los diferentes modos de construcción. Se pondrán ahora en relación ambos temas para ver cuáles son las estrategias seguidas por la arquitectura vernácula gallega para alcanzar unas condiciones de confort aceptables en el interior de las edificaciones.

Para comenzar es necesario aclarar que las condiciones de confort establecidas a día de hoy para los interiores de los edificios distan mucho de las aceptadas por nuestros antepasados.

Repasando brevemente lo que se dijo que en el apartado del clima.

- Aumento de la temperatura interior con lo que se consigue bajar la humedad relativa del aire
- Ventilación de las edificaciones para reducir la humedad y aumentar la sensación de confort.
- Emplazamiento y orientación en función de los vientos dominantes, temporales y luz solar.
- Cuidar la velocidad del aire interior para no producir una sensación térmica de frío.
- Aprovechamiento de la radiación solar en invierno y protección en verano.

El aumento de la temperatura interior se consigue mediante una producción de calor en el interior de la edificación y una disminución de las pérdidas térmicas a través del cerramiento.

Las cortes situadas en el interior de la vivienda o en el caso de tener varias plantas en la planta baja, generan un aporte de calor a todas las estancias. En la arquitectura popular a lareira o la cocina son un elemento central de la vivienda, en torno a ella se vivía y esta caldeaba la casa junto con las cortes.

En el caso de las construcciones populares los cerramientos constituidos únicamente por piedra distaban mucho de tener una buena transmitancia térmica. El barro y el caleado utilizado en los muros ayuda a minimizar las pérdidas por filtraciones. Sin embargo las edificaciones en su mayoría de forma rectangular poseen un alto grado de compacidad, esto minimiza las pérdidas por los entrantes y salientes y favorece el desarrollo de fachadas entre sureste y suroeste.

La compacidad relaciona el volumen albergado con la superficie de fachada, siendo la esfera el índice más alto. Las construcciones populares carecen de complicados volúmenes que aumenten la superficie de fachada por lo que se limitan las pérdidas térmicas.

Este grado de compacidad no solo es aplicable a una edificación exenta si no que a nivel urbano también es factible. De

esta forma las viviendas entre medianeras con estrechas fachadas a la calle disminuyen las pérdidas térmicas al tener a ambos lados viviendas “calefactadas”.

Por otro lado la ventilación de las estancias es necesaria para una mejora de las condiciones de salubridad. Las puertas y ventanas sirven como una entrada de aire mientras que la cubierta, por la forma en la que está construida, deja pasar el aire por lo que se crea una corriente ascendente que renueva el aire de la vivienda.

En un ámbito más amplio, la elección del emplazamiento y la orientación supone también grandes ventajas a la hora de captar la luz solar y protegerse de los vientos y temporales. El efecto de las brisas marinas producido por las diferencias térmicas entre el mar y la tierra ayudan a la generación de corrientes de aire más suaves que pueden ser utilizadas para la ventilación.



41. Viviendas en le Vlos des Fées, CoBe architecte
Fuente: Correia, MAriana; Dipasqueale, Letizia; Mecca, Saveiro, 2015, 185.

Si el entorno protege el asentamiento de los fuertes vientos la orientación de las aberturas hacia sur favorece las ganancias térmicas por medio de la radiación solar. De la misma forma la incidencia de sol en los muros de piedra hace que estos se calienten y cedan el calor al interior provocando el efecto de inercia térmica ya explicado.

Los corredores y galerías funcionan como un sistema de graduación solar a la vez que evitan que el agua y el viento azoten directamente las fachadas y huecos de la edificación. El funcionamiento de las galerías explicado anteriormente es el ejemplo perfecto de conseguir el máximo aprovechamiento de la radiación solar.

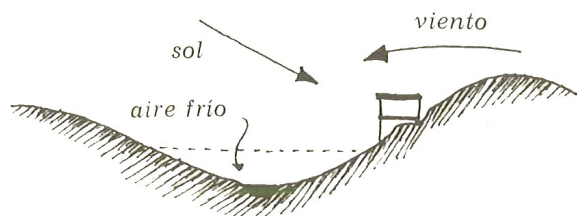


42. Casa en Paderne, Carlos Quintans
Fuente: www.carlosquintans.es

5. Estrategias pasivas utilizadas en otras zonas con climas similares

En el capítulo anterior se estudió la arquitectura popular gallega y las diferentes estrategias seguidas por sus constructores para dar una respuesta al clima en el que vivían con los materiales a su alcance.

Las estrategias y soluciones adoptadas por los habitantes gallegos corresponden a una cultura y un lugar determinado. Los condicionantes impuestos por el clima en Galicia se repiten en diversos puntos del globo, por lo que pasaremos a



43. Elección del emplazamiento
Fuente: John S. Taylor, 1984, 11.

estudiar las diferentes estrategias adoptadas por otras culturas.

En las primeras páginas de arquitectura anónima de John S. Taylor nos encontramos con una de las primeras técnicas utilizadas para reducir la incidencia de los factores ambientales adversos. La correcta elección del emplazamiento en altura, orientación y protección de los vientos ayuda a conseguir unas mejores condiciones en la edificación.

Estudiaremos las técnicas utilizadas en diferentes pueblos y climas para dar solución a los problemas que se dan en Galicia. Comenzaremos por los la protección frente a la lluvia y la humedad siguiendo con la protección frente al viento, métodos de calefacción, alguna estrategia de refrigeración y salubridad.



44. Peillon, Alpes
Fuente: www.geolocation.ws

5.1 Protección frente al agua y la humedad

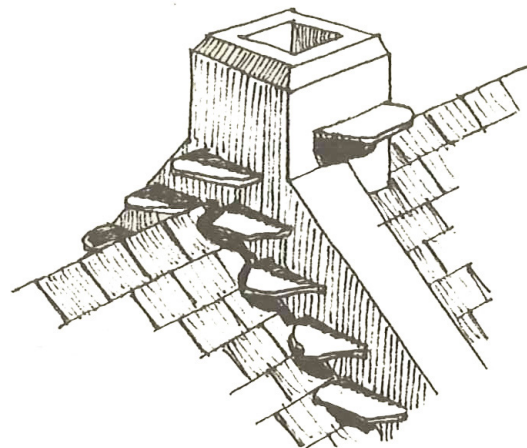
La protección de la lluvia, independientemente del clima es un problema que afecta a una gran parte del mundo, teniendo como objetivo evitar la penetración de esta en el interior de la vivienda. En algunos climas puede ser necesario recolectar el agua de lluvia para su posterior uso.

El encuentro de dos paños inclinados hace necesario la aparición de un canalón para expulsar el agua de una manera rápida y eficaz. En Japón el uso de una caña de bambú colgada de las cubiertas funciona de manera excepcional para guiar el agua.

Los vuelos de las cubiertas protegen la fachada y los huecos y permiten tener un espacio exterior en donde poder estar los días de lluvia.

Los encuentros de cubierta y los muros verticales generan juntas que reciben un trato especial para evitar la entrada de agua

En climas con muchos días de lluvia al año y presencia de mar la humedad es otro aspecto a tener en cuenta a la hora de construir. La ventilación se vuelve un aspecto de diseño en el cual generar una circulación de aire que ventile el interior de la vivienda aumenta considerablemente la sensación de confort.



45. Protección de junta con pizarra en Gales
Fuente: John S. Taylor, 1984, 20.



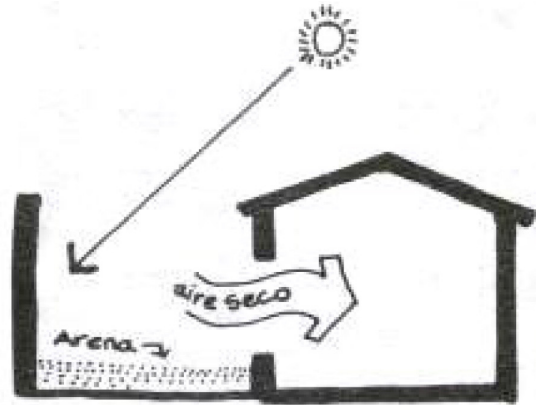
46. Villa Katsura
Fuente: www.studyblue.com

El sistema de ventilación por aspiradores estáticos produce una aspiración de aire interior por depresión debida al efecto Venturi en el dispositivo estático situado en la cubierta. Para lograr que estos dispositivos funcionen de una manera adecuada es preciso que se sitúen en zonas con vientos constantes. (Serra, 1999. 53).

La ventilación subterránea se basa en favorecer la entrada de aire por medio de conductos enterrados. Estos conductos al estar en contacto con la tierra ceden el calor de esta al aire permitiendo introducir aire a una temperatura más elevada que la del exterior en invierno. En verano el sistema funciona igualmente rebajando la temperatura del aire.

Debido a que la velocidad de transmisión de calor de la tierra al aire es muy lenta, para que este sistema funcione adecuadamente es necesario que el conducto enterrado tenga un recorrido muy largo.

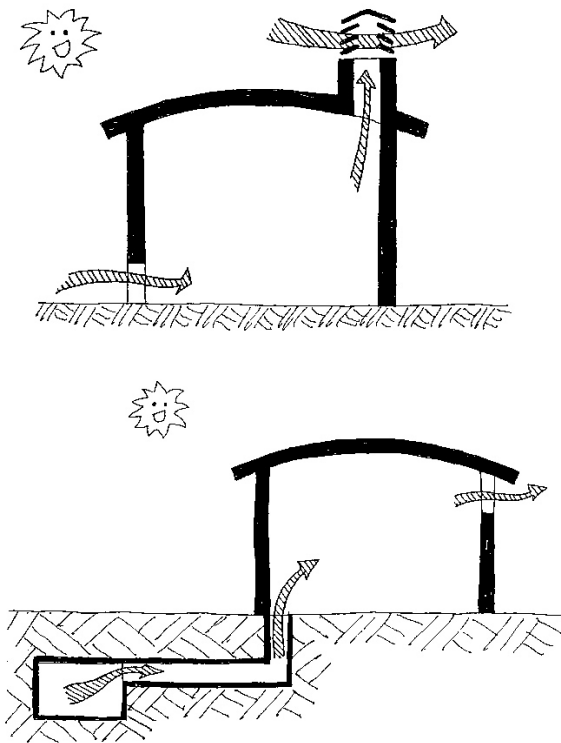
También se pueden utilizar sistemas de ventilación con materiales deshumidificantes como la cal, el yeso o el carbón vegetal. Si hacemos pasar el aire por estos materiales absorberán la humedad del aire por lo que reducirá en gran medida el contenido la humedad interior.



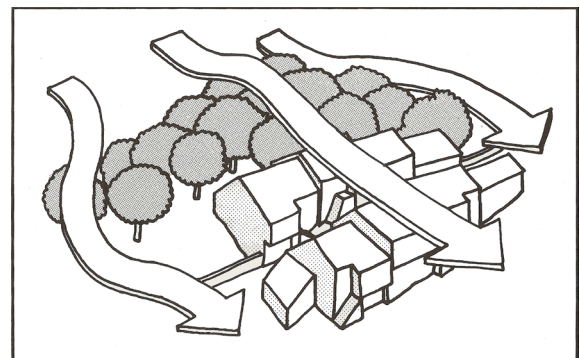
49. Ventilación con materiales deshumidificantes
Fuente: Santiago Moreno, 1991, 53.

5.2 Protección frente al viento

Mientras que el aprovechamiento de las brisas suaves para ayudar a la ventilación de las edificaciones es algo recomendable, los fuertes vientos de los temporales es un factor del cual es mejor protegerse. Esto se puede hacer mediante la elección del emplazamiento, masas de vegetación que protejan las edificaciones o con diferentes sistemas de asentamiento del núcleo urbano.



47. Ventilación por aspiradores estáticos
48. Ventilación subterránea
Fuente: Rafael Serra, 1999, 53.



50. Influencia de la vegetación en el asentamiento
Fuente: Pedro de Llano, 1989, 39.

El factor de forma de la construcción hace que esta ofrezca más o menos resistencia al viento a la vez que puede crear torbellinos a sotavento de la edificación.

La incidencia de los vientos sobre la cubierta lleva en Japón y en Canarias a la colocación de piedras sobre los elementos de cubierta y en Irlanda atan las cubiertas de paja para que estas no vuelen.

5.3 Sistemas de calefacción pasiva

En los climas templados y fríos una de las preocupaciones más importantes para los habitantes es la generación de calor, su acumulación y minimizar las pérdidas por el cerramiento.

La compacidad está presente en la naturaleza como un instinto, los nidos de los horneros con forma esférica obtienen el mayor volumen interior con la mínima superficie de fachada. Los iglús de los esquimales con forma semiesférica, aparte de ser mejor sistema constructivo para el hielo, minimizan las pérdidas térmicas con la menor superficie de fachada.



Esfera
 $Volumen = 36 \text{ unidades}^3$
 $\text{Área superficial} = 52,7 \text{ unidades}^2$
 $\text{Relación volumen/superficie} = 0,68$



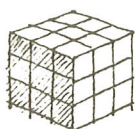
Nido de hornero.



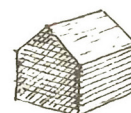
Semiesfera.
 $Volumen = 36 \text{ unidades}^3$
 $\text{Área superficial} = 62,78 \text{ unidades}^2$
 $\text{Relación volumen/superficie} = 0,57$



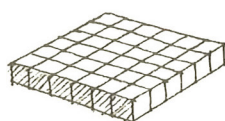
Iglú inuit.



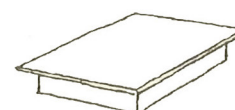
Cubo
 $Volumen = 36 \text{ unidades}^3$
 $\text{Área superficial} = 65 \text{ unidades}^2$
 $\text{Relación volumen/superficie} = 0,55$



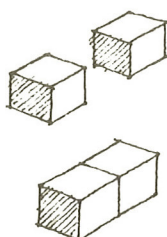
Cabaña canadiense de troncos.



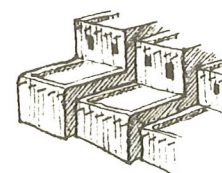
Paralelepípedo.
 $Volumen = 36 \text{ unidades}^3$
 $\text{Área superficial} = 96 \text{ unidades}^2$
 $\text{Relación volumen/superficie} = 0,38$



Casa hawaiana



Agrupando diversas viviendas, para formar un solo volumen, se reduce notablemente el área superficial de incidencia.



*Pueblo Acoma
 Nuevo México.*

51. Compacidad de diferentes geometrías
 Fuente: John S. Taylor, 1984, 27.



52. Hotel kikkenes, Noruega. Rintala eggertsson architectes
Fuente: www.ri-eg.com

Por lo tanto según las necesidades del entorno las edificaciones tendrán una mayor o menor compacidad.

Otra técnica utilizada para evitar pérdidas a través de los cerramientos es enterrarse parcialmente para poder utilizar el calor de la tierra que mantiene una temperatura con pequeñas variaciones durante todo el año.



53. Vivienda enterrada en los Alpes franceses
Fuente: Correia, MAriana; Dipasqueale, Letizia; Mecca, Saveiro, 2015, 51.

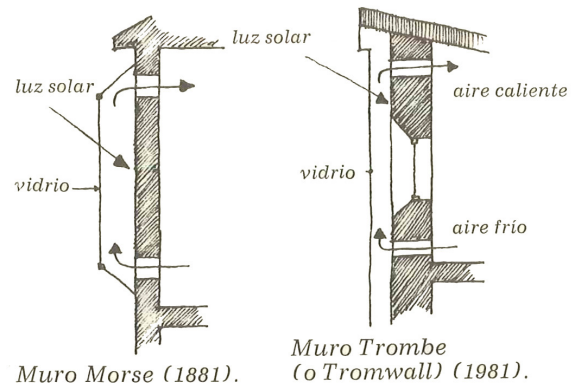
La orientación de las aperturas para aprovechar la radiación solar está presente en todas las arquitecturas que busquen una ganancia térmica. En esta vivienda la fachada sur alberga la mayoría de las ventanas de la casa mientras que la fachada norte se cierra con la cubierta para protegerse de los vientos.



54. Casa en Hampshire (1860)
Fuente: John S. Taylor, 1984, 31.

El uso de la energía solar como método para calentar grandes masas de material para que después lo vaya cediendo al ambiente es un recurso muy utilizado, ya sea por medio de muros Trombe, Morse, columnas de agua o mediante galerías.

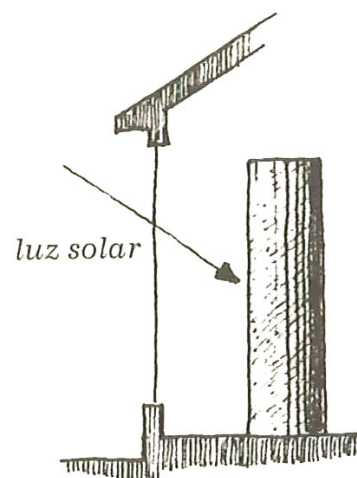
El funcionamiento del muro Trombe y Morse se basan en el concepto de inercia térmica, de esta forma un elemento masivo colocado detrás de un vidrio se calienta durante el día y cede el calor de noche. Un sistema de aberturas en la cara superior e inferior genera una corriente de aire que arrastra el aire caliente al interior de la vivienda.



55. Sistema de muro Morse y Trombe
Fuente: John S. Taylor, 1984, 34.

Las columnas de agua intentan mejorar el sistema introduciendo el agua como elemento captador de calor debido a sus características físicas.

Los solariums utilizados en la Grecia antigua orientados a sur permitían el aprovechamiento de la luz solar, tanto para iluminación como para ganancias térmicas.



56. Sistema por columna de agua
Fuente: John S. Taylor, 1984, 34.

Las pérdidas térmicas por los cerramientos opacos, cubiertas y muros se pueden minimizar mediante el uso de materiales como la tierra. Viviendas en Armenia o en Misuri utilizan una capa de tierra en la cubierta para minimizar las pérdidas de calor. En Japón la nieve que cae en la cubierta se almacena para generar un aislante térmico natural.

Para evitar la pérdida de calor por infiltración de aire frío en las cabañas de troncos, los estadounidenses utilizaban barro en las juntas para tapar los posibles poros. En Pennsylvania el enlucido de los muros de piedra ayuda a tapar las posibles grietas.

Las pérdidas por las aberturas también suponen un elemento de diseño, un elemento macizo que cubra la abertura suele ser suficiente para minimizar las pérdidas. Este elemento varía en diseño, desde un elemento batiente, un corredero a otro plegable, pero todos se basan en la misma idea.

Otra estrategia a utilizar para minimizar pérdidas es hacer una doble entrada a la vivienda que limite el contacto directo con el aire exterior y evitar así corrientes de aire frío.

La humanidad a lo largo de la historia ha tenido, aparte de las ganancias solares, únicamente dos fuentes de calor, el fuego y la generada por el calor corporal de las personas y animales. Por lo tanto el aprovechamiento de estas dos fuentes para calentar la vivienda era imprescindible.

La situación del establo en el mismo recinto que la vivienda contribuye a calentar la misma. Otra opción es construir la vivienda encima del establo por lo que el aire caliente ascenderá y calentará el espacio habitable.

En muchas arquitecturas populares la vida dentro de la vivienda gira en torno al hogar, elemento donde se cocina, se come y se pasan las tardes de invierno, pero sobre todo es el elemento encargado de calentar la vivienda.



57. Villa en Vals, Suiza. SeARCH & CMA.
Fuente: <http://www.styleforum.net/>

Las cabañas de los indios primitivos del suroeste de los estados unidos se basaban en una cubierta con un agujero para la salida de los humos del fuego. La geometría en sección hace que el calor no se disipe por la entrada.

La materialización del hogar es diferente a lo largo de las culturas. En los países europeos se toma como elemento central con gran importancia, la forma de la campana y la situación ayudan a repartir mejor el calor por la estancia caldeando todo uniformemente.

Los japoneses han creado durante siglos carbón vegetal para usar como combustible, esto les permitía quemar en el interior de las viviendas sin necesidad de chimenea debido al escaso humo que generan. El *ro*, hendidura en el suelo o los *hibachis*, pequeños quemaderos portátiles, les permitían distribuir el calor por toda la vivienda con pequeños elementos.

Aparte del calor generado por la combustión se puede aprovechar el calor de los humos generados que se transmiten a los conductos de salidas de humos.

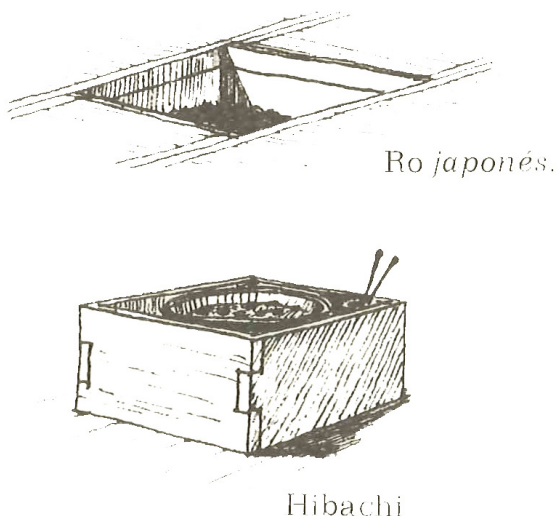
La estufa rusa aumenta el rendimiento creando un serpentín con la salida de humos

de esta manera aumenta la superficie de exposición para ceder la energía calorífica al ambiente.

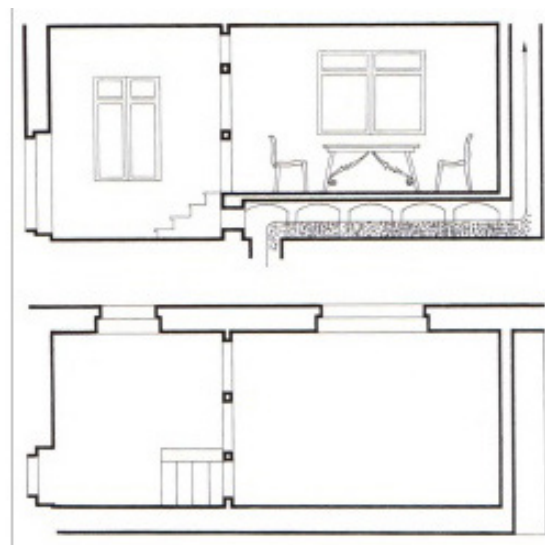


59. Estufa rusa
Fuente: John S. Taylor, 1984, 42.

La recirculación de los gases de combustión a través del forjado es una técnica utilizada en Corea que se llama *Kang* o *Ondol*. Este método calienta el suelo funcionando como elemento radiante en la parte baja de las viviendas sin calentar el volumen entero. En España el sistema conocido como gloria se basa en los mismos principios que los coreanos.



58. Hogar Japonés
Fuente: John S. Taylor, 1984, 41.



60. Gloria castellana
Fuente: Tectónicablog

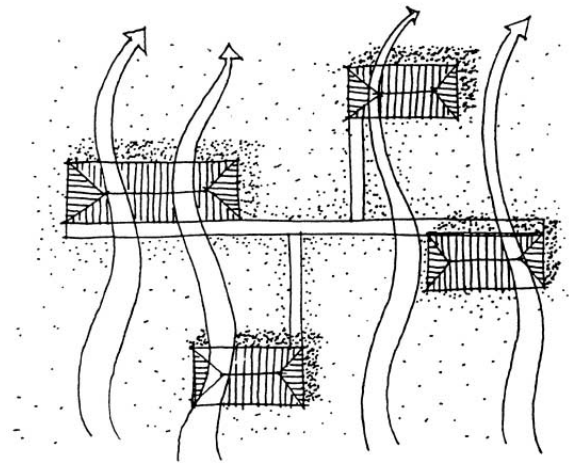
5.4 Sistemas de refrigeración pasiva

En los climas templados como el gallego los problemas de sobrecalentamiento en los meses estivales se suelen contrarrestar con una buena ventilación y una protección del sol al mediodía.

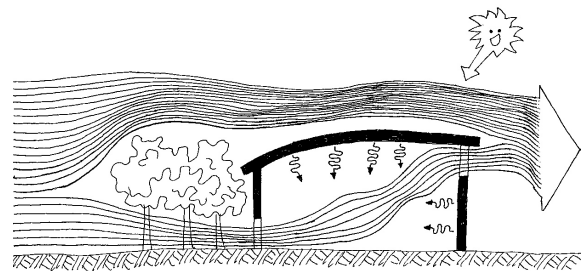
La colocación de las construcciones dentro de un conjunto condiciona una buena circulación del aire dentro del núcleo. Por lo tanto habrá buscar una óptima circulación del aire entre las edificaciones.

La vegetación también ayuda a garantizar una ventilación con un aire fresco. La masa vegetal genera una sombra que enfría el aire inferior, la diferencia de temperatura mueve el aire frío hacia la vivienda refrigerándola.

En la casa Robie de Wright los grandes vuelos de la cubierta aparte de servir de límite difuso entre interior y exterior protege de la incidencia solar a los muros y ventanas de la vivienda. Como elemento representativo en la arquitectura de Wright aparece la chimenea como elemento central de la vivienda.



61. Emplazamiento para garantizar ventilación
Fuente: Helena Coch, 1998, 82.

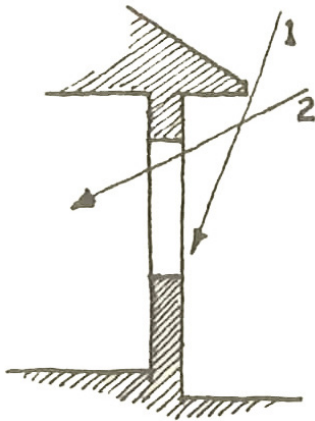


62. Efecto de la vegetación en la ventilación
Fuente: Rafael Serra, 1999, 50.



63. Casa Robie, Frank Lloyd Wright
Fuente: www.studyblue.com

La incidencia del sol sobre los paramentos verticales se puede controlar por medio de salientes o del vuelo de la cubierta. Teniendo en cuenta que el ángulo de incidencia solar en verano (1) aumenta con respecto al invierno (2), se puede calcular el vuelo necesario para conseguir arrojar sombra.



64. Incidencia solar
Fuente: John S. Taylor, 1984, 55.

La vegetación se puede utilizar con este mismo fin. Los árboles caducifolios permiten el paso de la luz en invierno mientras que en verano las hojas impiden la incidencia del sol sobre la fachada de las construcciones.

Los espacios generados bajo el vuelo de la cubierta o de partes del edificio sirven como zonas de trabajo, una extensión de la vivienda al exterior, al espacio público. A la vez, como ya se dijo anteriormente,



65. Espacios interior-externo en casa Hahoe, Corea del sur
Fuente: Correia, MAriana; Dipasqueale, Letizia; Mecca, Saveiro, 2015, 261.

sirven como elementos de protección de los huecos de la fachada o de cobertura de la incidencia solar.

La elevación de la vivienda sobre el terreno posibilita la ventilación del forjado eliminando las humedades que se producen contra el terreno. En el caso esta vivienda en Corea esto posibilita además la introducción del sistema de calefacción *Ondol* que se comentó anteriormente.

En culturas donde aparecen las edificaciones de varias plantas, la planta inferior se suelen dedicar a almacenes talleres o establos, mientras que las viviendas aparecen a partir de la primera planta.

Las técnicas utilizadas en otras culturas y en climas similares, aunque basándose en los mismos principios, utilizan los materiales y posibilidades a su alcance, apareciendo una diversidad de soluciones hacia un mismo problema. Los climas, similares pero no iguales obligan en cada situación a desarrollar más un sistema que otro en función de las necesidades.

La arquitectura popular a lo largo de todo el globo ha dado desde siempre una respuesta arquitectónica lógica a los problemas que se le planteaban. Con el desarrollo de la tecnología poco a poco hemos ido olvidándonos de estos aspectos y dejando la solución a unas máquinas que crean un clima artificial interior.

Con la crisis del petróleo en los años 70 nos hemos dado cuenta de que los recursos que consumíamos tan alegremente tienen un fin. Ahora damos un paso atrás para recordar aquella sabiduría popular, que aprovechando las posibilidades del entorno generaban un ambiente de confort. A esto habrá que sumarle la tecnología de la que disponemos hoy en día para intentar que las edificaciones actuales alcancen unas condiciones de confort más altas consumiendo los mínimos recursos.

El estudio de otras estrategias utilizadas en climas similares amplía el conocimiento con posibles caminos que son potencialmente válidos en nuestro clima.

La incorporación de técnicas que mejoren la ventilación y a la vez permitan minimizar las pérdidas como el pozo canadiense tiene una aplicación directa en nuestra arquitectura.

Las estrategias de recirculación de gases de combustión con elementos de alta masa térmica permiten una clara reinterpretación con sistemas actuales.

El concepto del funcionamiento de los sistemas de muro Trombe y Morse nos permite el aprovechamiento de las ganancias solares por medio de la inercia térmica. Estas técnicas como veremos más adelante tienen una gran repercusión en el funcionamiento del edificio.



66. Casa Pomaret, Barcelona. Pich architects
Fuente: <http://www.picharchitects.com/>

6. Análisis y propuestas

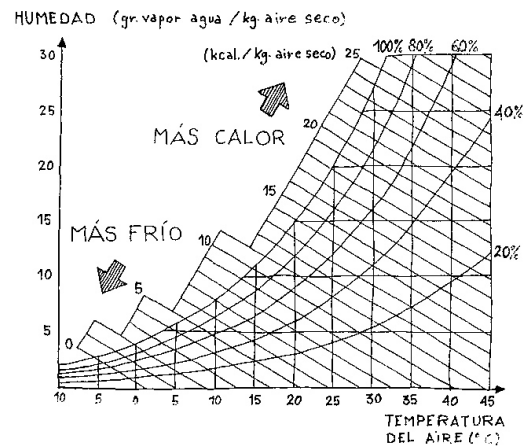
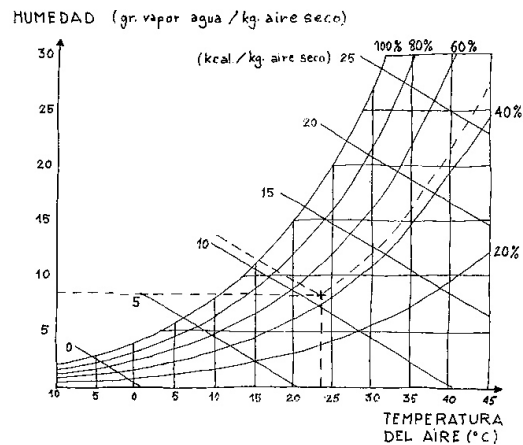
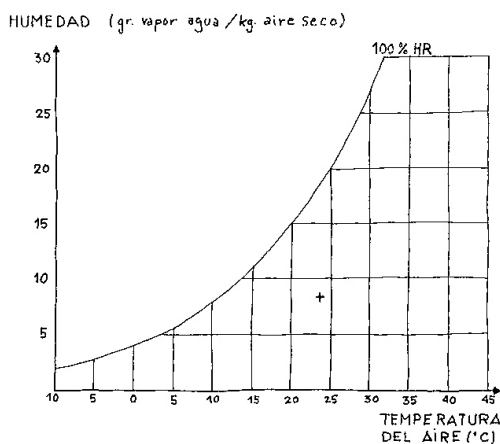
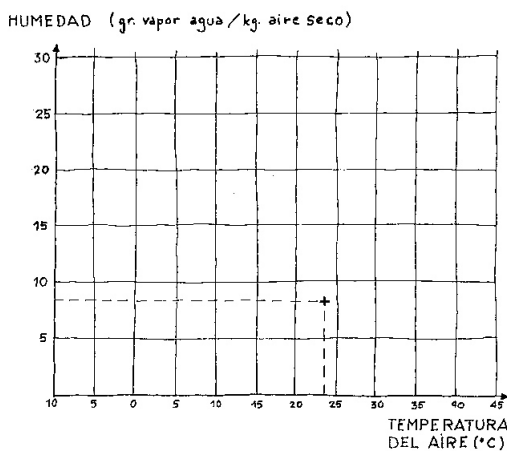
Las técnicas y estrategias utilizadas en las construcciones de la arquitectura popular suponen una mejora de las condiciones interiores de confort, aportan también un ahorro en los sistemas de calefacción al reducir la demanda.

Para entender el alcance que supone el uso de las estrategias pasivas en la arquitectura y su repercusión en la demanda energética, analizaremos las diferentes técnicas que se pueden llevar a cabo para aumentar las horas de confort a lo largo del año.

El ábaco psicrométrico pone en relación la temperatura y la humedad, a su vez nos permite leer que relativa facilidad las sensaciones térmicas de las personas.

Por lo tanto, el sistema de análisis se basa en la representación de todas las horas del año (8760 hrs) dentro del ábaco psicrométrico, cada hora se representa con un punto con determinadas condiciones de humedad y temperatura. Esto nos permitirá observar aquellas horas que se encuentran dentro de la zona de confort y en cuales se demandan frío o calor. Aquellas estrategias que se utilicen deberán cambiar las condiciones interiores para que se alcancen las condiciones de confort.

Comenzaremos por lo tanto explicando la realización del ábaco psicrométrico. Como se dijo antes, el gráfico pone en relación las temperaturas con las humedades del aire. Por lo tanto aparecerán en el eje de abscisas las temperaturas ($^{\circ}\text{C}$) mientras que en el de ordenadas aparecen las humedades (gr. de vapor de agua/kg. de aire seco).



67. Diagramas Psicrométricos
Fuente: Rafael Serra, 1999, 21.

Por razones físicas existe una cantidad máxima de vapor de agua que puede contener el aire por temperatura, lo que sería un 100% de humedad relativa. Esta curva limita la tabla marcado las condiciones físicas posibles ya que al pasar de esa línea el vapor condensaría y pasaría a forma líquida. (Serra, 1999, 21).

El diagrama se complementa con la introducción de las curvas con misma humedad relativa y las líneas isoentálpicas, aquellas que unen los puntos de igual energía del aire.

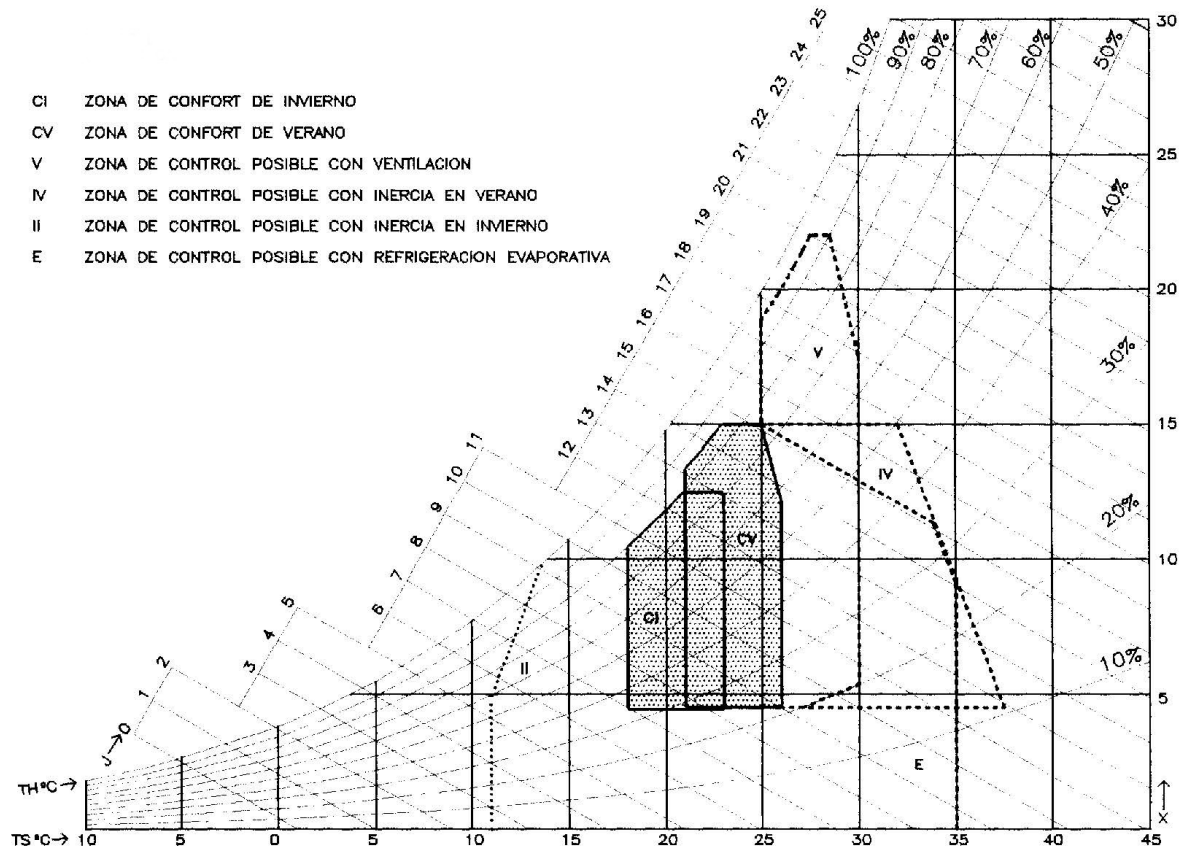
Como norma general, las líneas de igual energía marcan con relativa exactitud las sensaciones térmicas, de este modo arriba a la derecha implica más calor y abajo y a la izquierda más frío.

Givoni a partir de su estudio de del confort estableció dos áreas dentro del ábaco psicrométrico, estas representan las

zonas con las condiciones necesarias para alcanzar una sensación de confort en invierno y en verano.

Como primera aproximación a las técnicas a utilizar tenemos las propuestas hechas por Givoni, en ellas establece cuatro posibles estrategias, la ventilación, la inercia en verano, en invierno y la refrigeración evaporativa.

Las ecuaciones de Fanger incluyen en el estudio las condiciones de vestimenta y actividad física con lo que las condiciones de confort varían en función de estos parámetros. El CLO es la resistencia térmica de la ropa y varía en función de la vestimenta. Por otra parte tenemos el MET que mide la tasa metabólica con lo que varía en función de la actividad que estemos realizando.



68. Zonas de confort y de corrección con arquitectura (según Givoni)
Fuente: Rafael Serra y Helena Coch, 1995, 88.

Para el análisis de las estrategias arquitectónicas en las Rías Baixas basamos los cálculos en los archivos climáticos proporcionados por el CTE según las zonas climáticas.

Según la clasificación hecha por el CTE-HE del 2013 anejo B tabla B.1 la costa atlántica gallega y en concreto las Rías Baixas se encuentran dentro de la zona climática C1 para altitudes menores a 350 metros y D1 para aquellas de más de 350 metros. Por lo tanto analizaremos las Rías Baixas en estos dos supuestos. (CTE-HE, 2013, 27).

El cálculo de las alturas se realiza de manera aproximada mediante la utilización de un mapa físico gallego basándose en la condición de altura marcada por el CTE. Como se puede observar en el gráfico adjunto la superficie perteneciente a la zona C1 ocupa la mayor parte, relegando a la zona D1 a principalmente tres zonas, la sierra de la Barbanza, la sierra de Domaio y la sierra de la Groba.

Mediante el archivo climático se definen todas las horas del año dentro del

ábaco psicrométrico y a partir de ahí se estudian aquellas estrategias que mejoren las condiciones de confort.

Para el análisis se estudiarán por separado las horas nocturnas y las diurnas, debido a que las condiciones de actividad física y la de resistencia térmica de la ropa varían, por lo tanto las condiciones de confort se verán afectadas. Esto se hará para las condiciones climáticas C1 y D1.

Por lo tanto se establecen dos franjas horarias la primera (diurna) de 8:00 a 0:00 y la segunda (nocturna) de 0:00 a 8:00.

Las condiciones de CLO también se verán modificadas ya que durante la noche dormimos con mantas y durante el día la ropa que llevamos puesta es la única que nos afecta. Por lo tanto se establecen las siguientes condiciones, para el día un CLO de 1.0 y para la noche de 1.3.

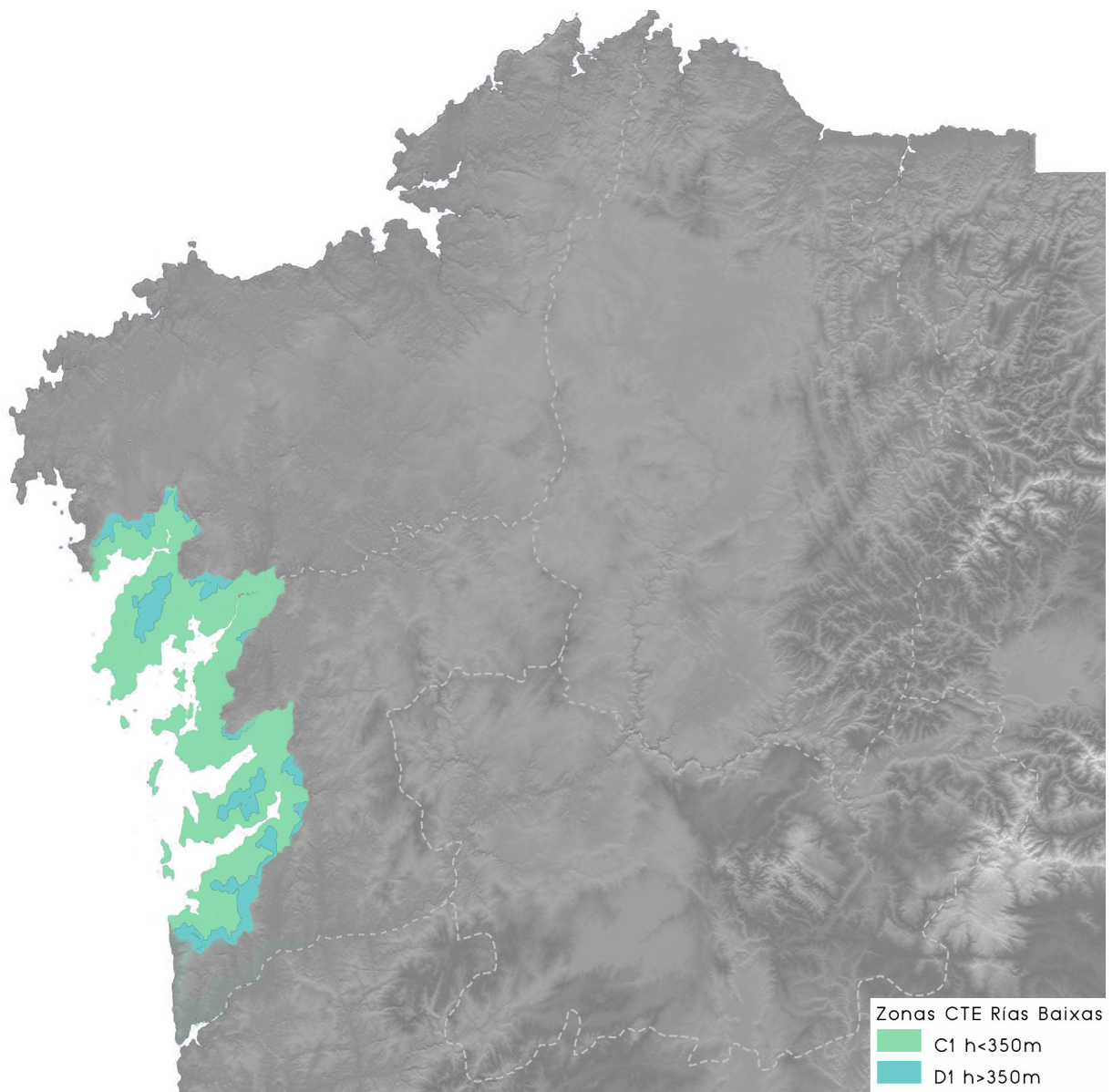
Por otra parte el índice metabólico que expresa la actividad física (Met) variará de 1.2 (sentado en reposo) para el horario diurno y 1.0 para el nocturno.



69. Vista de la sierra de la Barbanza desde la ría de Arousa
Fuente: Imagen propia

En las próximas páginas se representan un total de 8 horas del año que cada una tiene sus propias condiciones de humedad y temperatura. Se reparten en grupos de dos correspondiendo al siguiente orden C1 horario diurno, horario nocturno y D1 horario diurno, horario nocturno.

Se verán también la posición que adopta en relación a la zona de confort marcada con un paralelepipedo azul. Esta área varía su posición en función del día y la noche debido a los parámetros de CLO y MET antes mencionados. Según la posición que adopten estos puntos serán necesarias unas u otras estrategias.



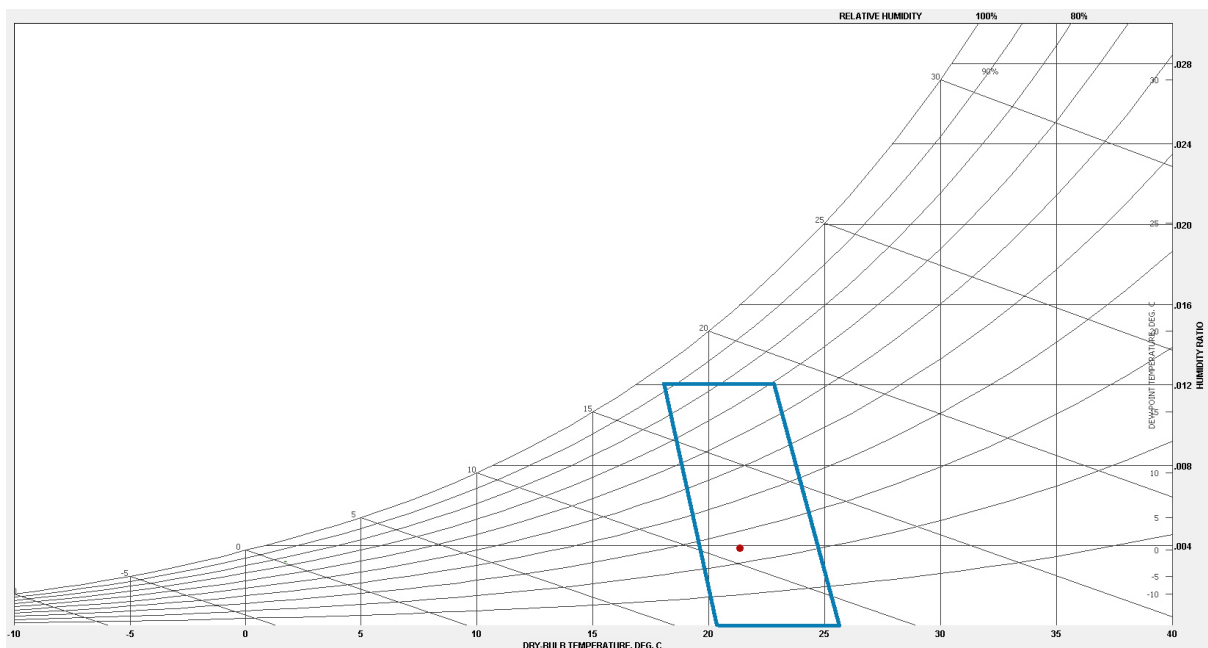
70. Área de estudio de las Rías Baixas. Zonas climáticas C1 y D1

Fuente: Elaboración propia a partir mapa físico de Galicia descargado de edu.xunta.se

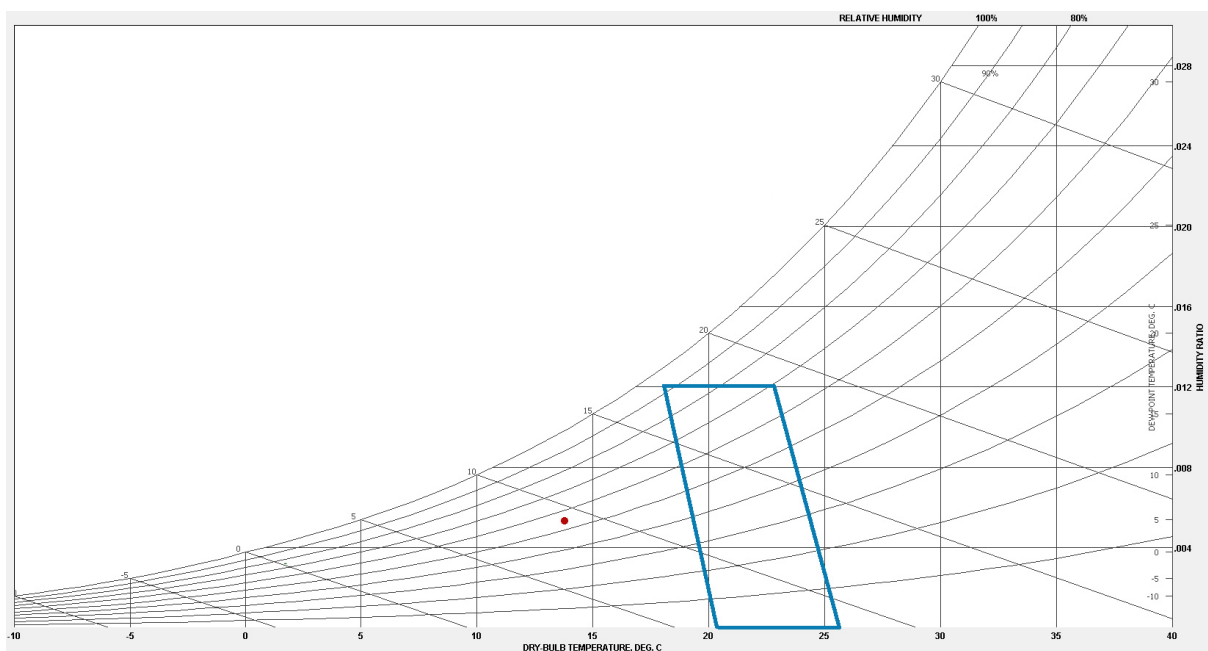
C1 horario diurno

El primer punto representa las 18:00 del día 1 de Julio con unas condiciones de 21 °C y una humedad relativa de un 25%. Situando estas condiciones en el gráfico el punto se encuentra dentro de la zona de confort establecida por las condiciones de clo:1.0 (vestimenta normal) y met: 1.2 (sentado con actividad) por lo que no sería necesaria la utilización de ninguna estrategia.

El segundo punto representa las 23:00 del día 1 de Mayo, con unas condiciones de 14°C y un 54% de humedad. El punto se encuentra a la izquierda de la zona de confort por lo que será necesario una estrategia que aporte calor. Una estrategia donde se potencien las ganancias internas y elementos constructivos masivos con inercia térmica permitirán mantener el calor durante las horas posteriores a la puesta del sol reduciendo así la demanda de calefacción.



71. 1 Julio 18:00



72. 1 Mayo 11:00

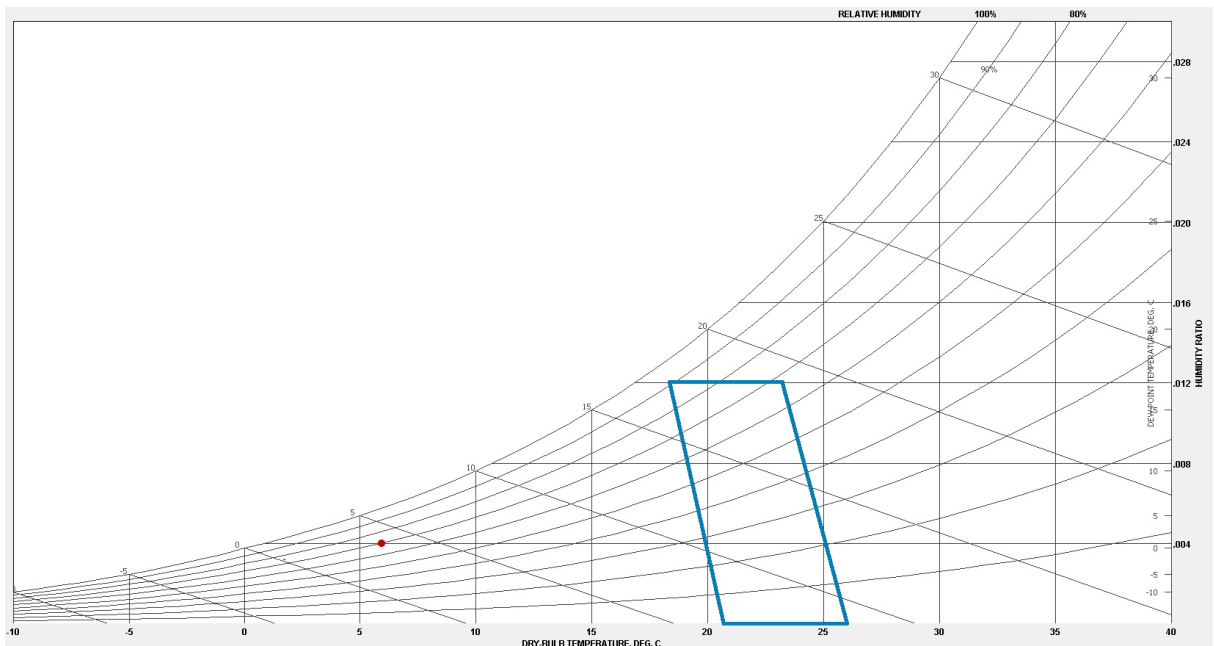
Fuente: Imagen propia

C1 horario nocturno

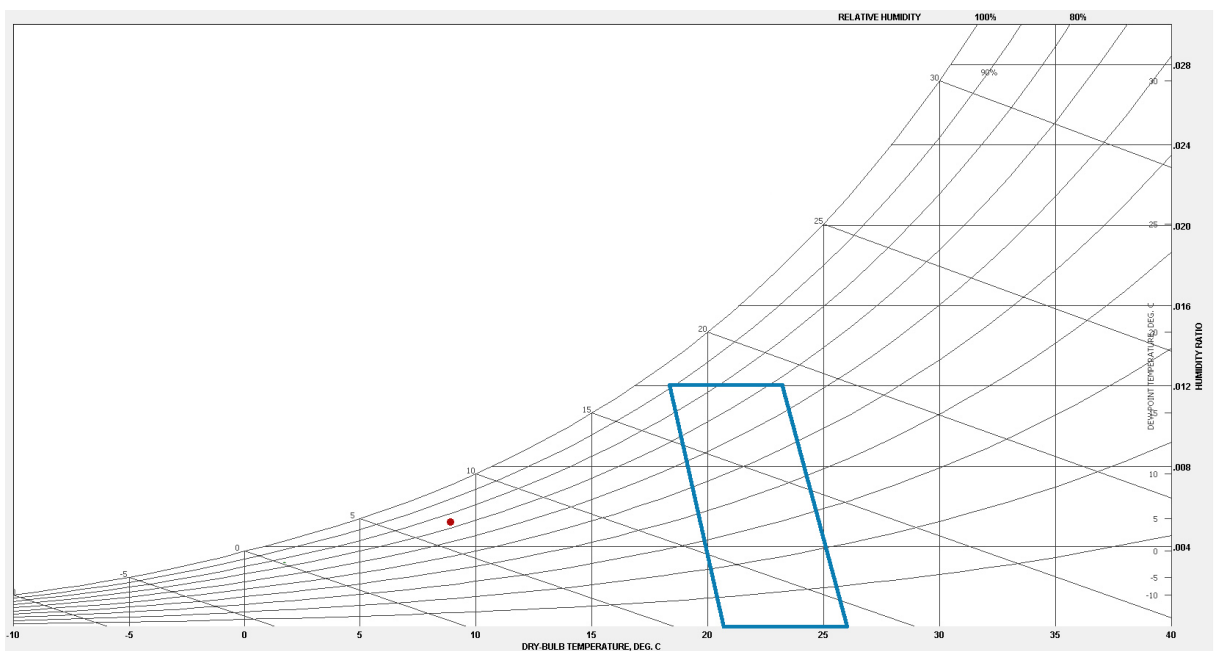
En este caso varía la situación del área de confort y se desplaza un poco hacia la derecha debido a las condiciones nocturnas, aunque estemos más abrigados el grado de actividad es menor.

El día 1 de abril tiene unas condiciones de 6°C y 70% de humedad relativa y el día 1 de enero, 9°C y un 75% de humedad.

Como en el caso anterior se encuentran a la izquierda por lo que necesitaremos ganancias térmicas, estrategias que potencien las ganancias solares y que estas incidan sobre elementos masivos. Esto permitirá la acumulación de calor durante el día y que por la noche (hasta unas 12 horas después de la incidencia solar) se vaya cediendo al ambiente consiguiendo mantener la temperatura interior.



73. 1 Abril 07:00



74. 1 Enero 02:00

Fuente: Imagen propia

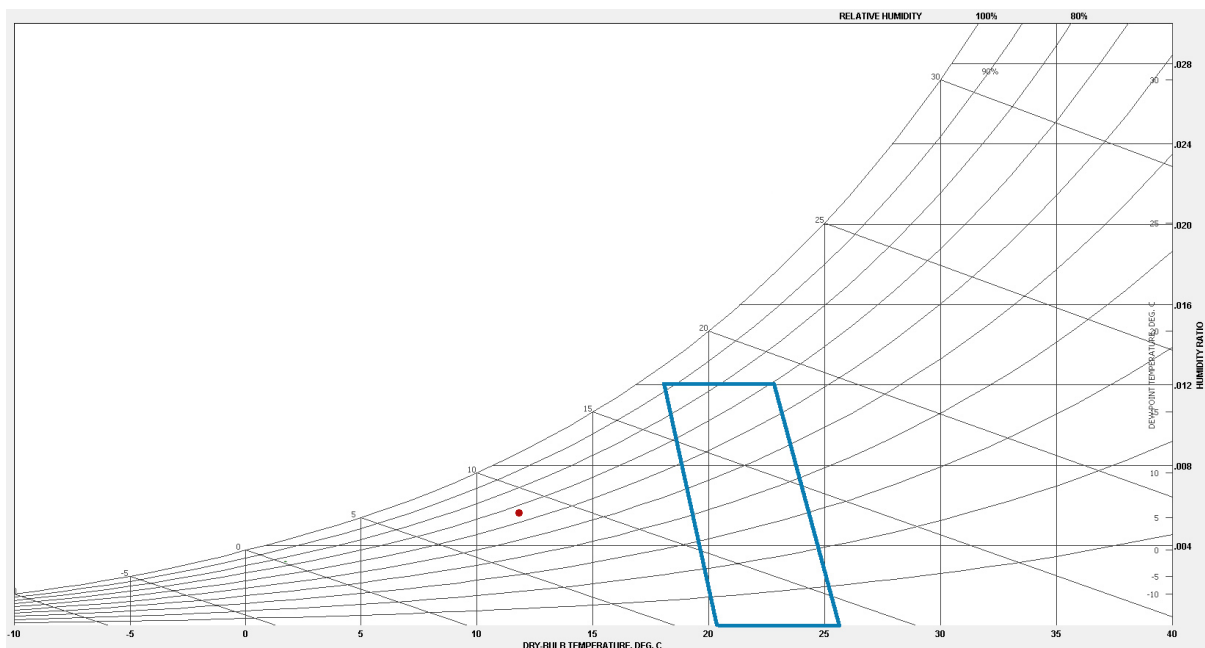
Análisis y propuestas

D1 horario diurno

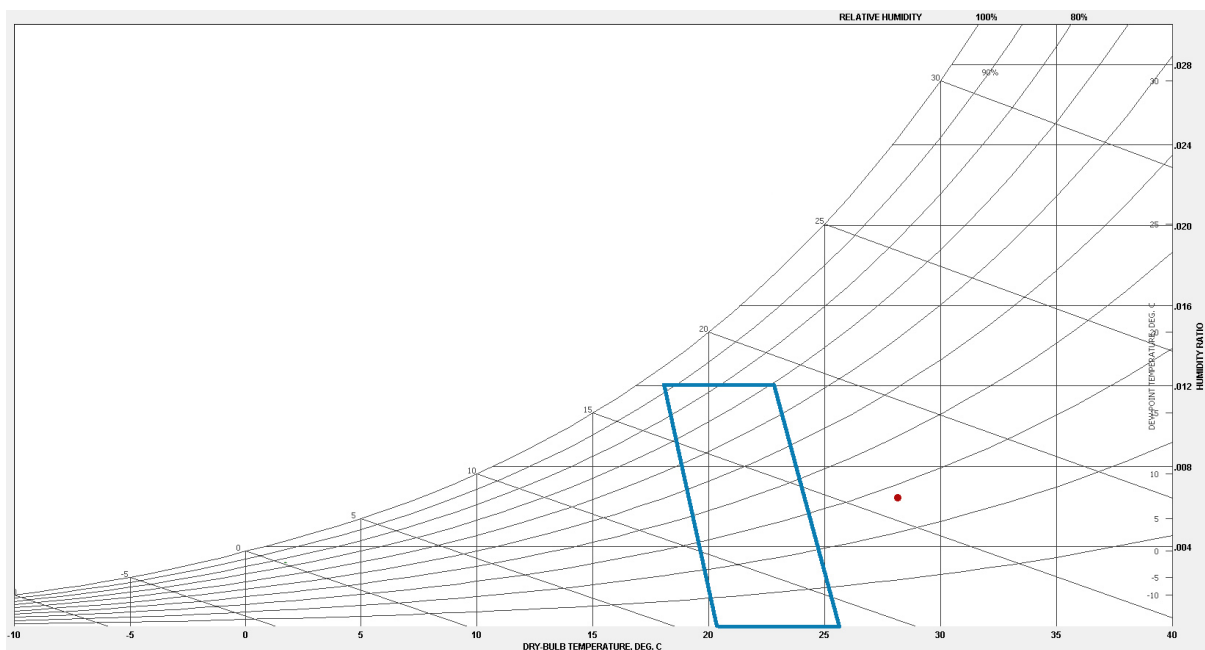
El primer punto con unas condiciones de 12°C y un 65% de humedad relativa se encuentra como en los casos anteriores a la izquierda. Sin embargo en este ocasión la estrategia pasaría por ganar temperatura mediante el aprovechamiento solar pero con elementos de baja masa. Consiste esto en que los elementos en los que incide la radiación solar se calienten rápido permitiendo un

efecto casi inmediato en las condiciones interiores.

En el segundo caso, 28 °C y un 28% de humedad relativa, es necesario un descenso de la temperatura interior. La protección solar de las ventanas evita que la radiación solar caliente el interior del edificio, esto unido a una correcta ventilación garantizará unas buenas condiciones interiores.



75. 1 Enero 14:00



76. 1 Septiembre 16:00

Fuente: Imagen propia

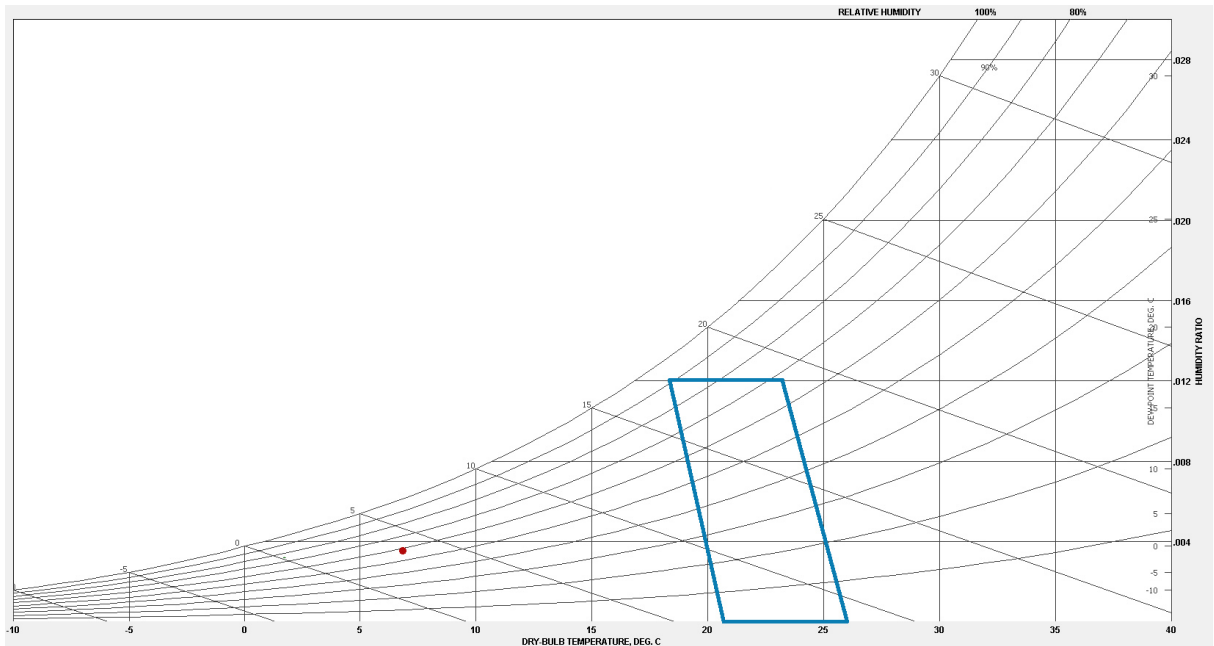
D1 horario nocturno

En estos dos casos se repiten las condiciones establecidas en el caso C1 con horario nocturno, donde son necesarias las estrategias de captación solar mediante elementos de alta inercia térmica.

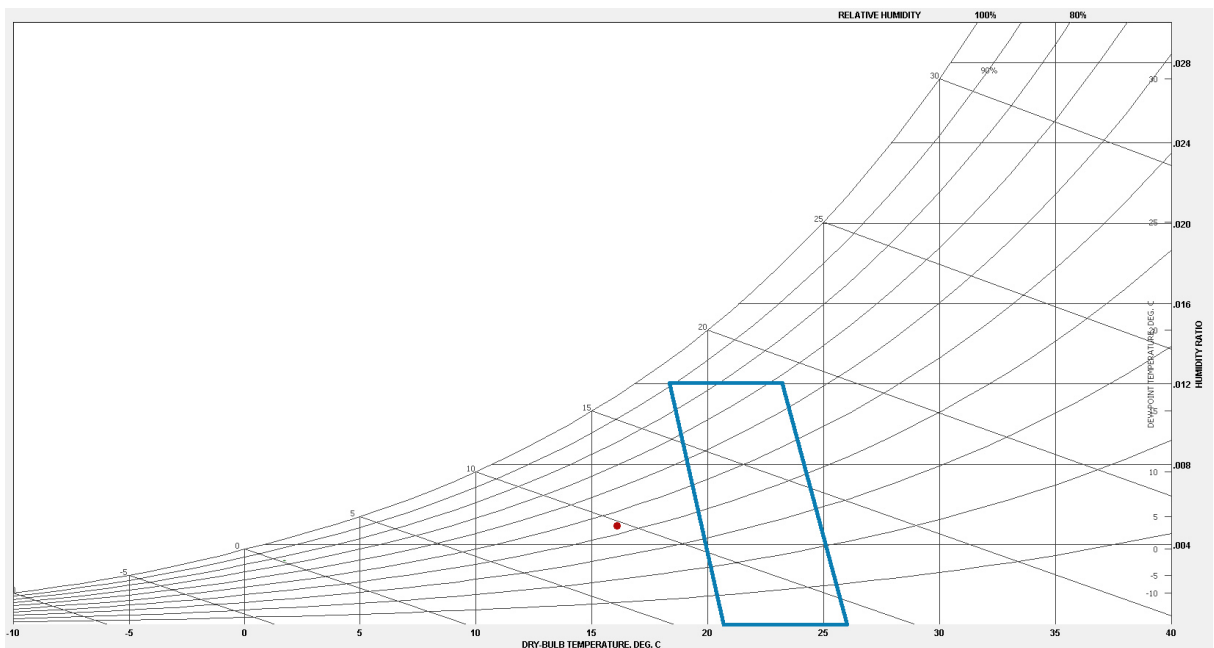
Esto que se ha hecho con 8 horas habría que repetirlo para la totalidad de las horas del año (8760) para comprobar

el efecto que tiene sobre la demanda de calefacción el uso de estrategias pasivas.

En los siguientes apartados se analizan la totalidad de las horas del año con el uso de estrategias y sin ellas. Esto nos permitirá valorar el impacto que supone el buen diseño del edificio en la demanda de energía. También se analizarán aquellas estrategias recomendadas y su posible materialización.



77. 1 Febrero 01:00



78. 1 Septiembre 04:00

Fuente: Imagen propia

6.1 Análisis de las zonas C1 y D1 sin estrategias pasivas.

En un primer análisis se estudian la relación de horas confortables naturales frente a aquellas en las que es necesario algún tipo de climatización, ya sea calefacción o refrigeración.

Como hicimos antes, se divide el análisis en las horas diurnas y nocturnas para adaptarse con más de precisión a las condiciones reales. También se realiza el análisis para las zonas C1 y D1, teniendo en cuenta que la C1 es la predominante en la costa.

Como se puede observar en el primer gráfico, para las horas diurnas en la zona climática C1. Un total de 1062 horas del año serían confortables. Mientras que en el resto, para conseguir que se alcancen unas buenas condiciones dentro de la vivienda se requieren medios auxiliares de climatización.

En las horas diurnas un total de 5129 horas es necesario el uso de la calefacción y una pequeña franja de 14 horas sería necesario algún tipo de refrigeración.

Pasamos al gráfico 2 que muestra las horas diurnas en la zona climática D1. En se observa un aumento de las horas de confort a 1176 suponiendo un 19% de las horas del año. Se aprecia también un aumento de las horas en las que es necesario un aporte exterior de refrigeración. un total de 187 horas al año.

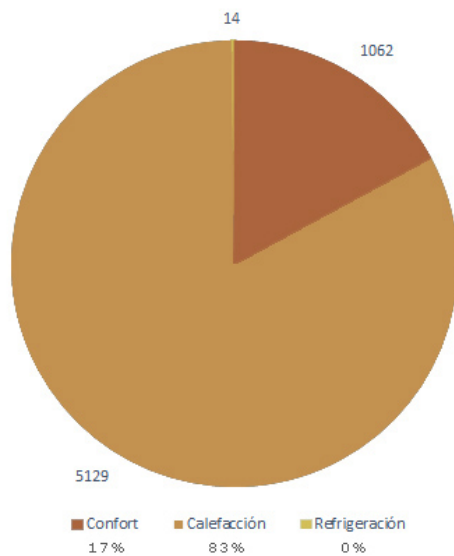
El estudio de las horas nocturnas no supone grandes cambios entre la zona climática C1 y D1. Únicamente el 2% de las horas del año estarían en la zona de confort mientras que en el resto sería necesario un aporte de calefacción.

En una primera aproximación se puede observar la gran dependencia métodos auxiliares para conseguir unos niveles básicos de confort dentro del edificio. Como se dijo en el apartado del clima, con niveles altos de humedad la estrategia consiste en aumentar la temperatura y ventilar para bajar la humedad relativa del aire. En aquellos edificios en los que la ventilación es deficiente la sensación térmica, por mucho que se aporte calor, será de frío. Por lo que aumentará la demanda de calefacción.

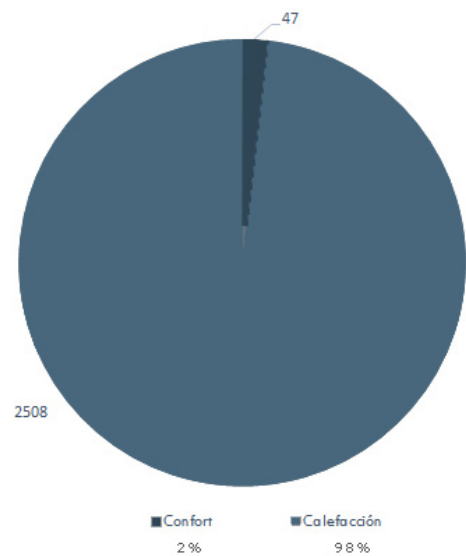
El análisis de estos datos dejan intuir las posibles estrategias a utilizar en cada zona. Así pues, las estrategias vistas anteriormente en casos particulares como el aumento de la temperatura interior por medio de la captación solar y el uso de materiales con alta masa, son aplicables a la mayoría de horas del año.

Por otro lado y especialmente en la zona D1, que recordemos abarca aquellas localidades por encima de los 350 metros, serán necesarias estrategias de refrigeración pasiva como la desarrollada en el caso 3 (D1 horas diurnas, día 1 de septiembre).

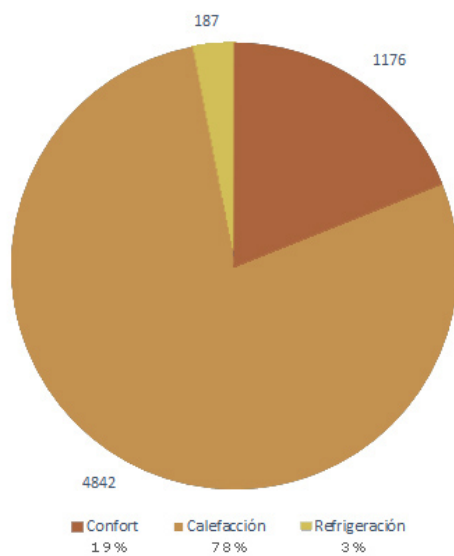
**Caracterización de las horas diurnas
sin estrategias (dato anual)**
zona climática C1
clo 1.0 | met 1.2



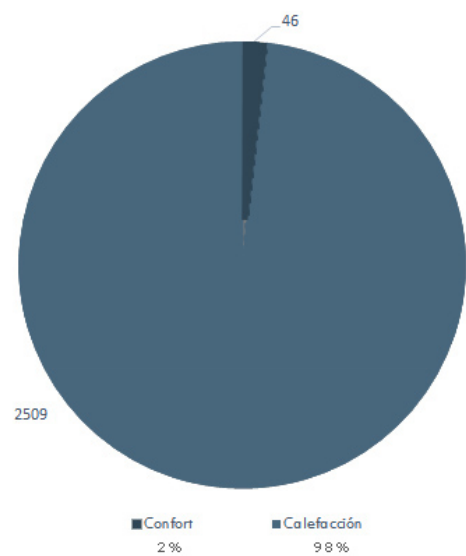
**Caracterización de las horas
nocturnas sin estrategias (dato anual)**
zona climática C1
clo 1.3 | met 1.0



**Caracterización de las horas diurnas
sin estrategias (dato anual)**
zona climática D1
clo 1.0 | met 1.2



**Caracterización de las horas
nocturnas sin estrategias (dato anual)**
zona climática D1
clo 1.3 | met 1.0



79. Gráficos de la caracterización de las horas anuales sin estrategias pasivas
Fuente: Elaboración propia

6.2 Análisis de las zonas C1 y D1 con estrategias pasivas.

Analizamos ahora el efecto de diferentes estrategias pasivas que permiten reducir la cantidad de horas en las que es necesario un aporte exterior de calefacción o refrigeración.

Comenzamos como antes con el análisis del gráfico 1 perteneciente a la zona C1. Durante el día tres tipos de estrategias que se complementan entre ellas permiten reducir el número de horas de calefacción, pasando de una demanda del 83% a una del 34% del total de las horas diurnas.

Como hemos visto a lo largo del estudio de la arquitectura popular, las estrategias consisten principalmente en aprovechar las ganancias térmicas solares y acumular esa energía con elementos internos de gran inercia térmica. Como complemento el uso de elementos de baja masa permite calentar las estancias en intervalos de tiempos más bajos.

Para lograr rebajar la demanda de refrigeración vista en el gráfico anterior, la combinación de elementos con inercia térmica (que ayuden a mantener las bajas temperaturas de la noche) junto con la ventilación y protección del sol, hacen posible prescindir completamente de sistemas de refrigeración auxiliares.

Esto es especialmente relevante en los casos de edificaciones que se encuentren en la zona D1, que como vimos antes la demanda de refrigeración es bastante alta. Por lo tanto las estrategias de refrigeración pasiva permiten que el 16% de las horas sean confortables.

Durante la noche, como vimos anteriormente, precisábamos en 98% de las horas elementos auxiliares de calefacción. El uso de estrategias como las anteriores potenciando los elementos masivos, que permitan mantener una temperatura estable durante la noche y las posibles ganancias solares a primeras horas en algunas épocas del año permiten reducir la demanda a un 38% y a un 48% respectivamente.

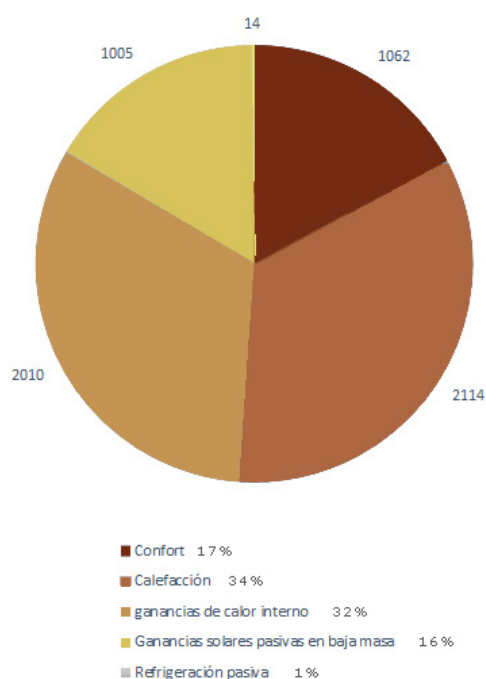
Como se puede apreciar en los gráficos, la introducción de estrategias en el diseño de los edificios supone una reducción de hasta un 60% en la demanda energética. La utilización conjunta de estas técnicas junto con equipos de climatización de alta eficiencia permitirá reducir el consumo de las edificaciones para acercarse a los nZEB (edificios de consumo casi nulo).

Pasamos ahora a estudiar las diferentes estrategias que se reflejan en los gráficos anteriores.

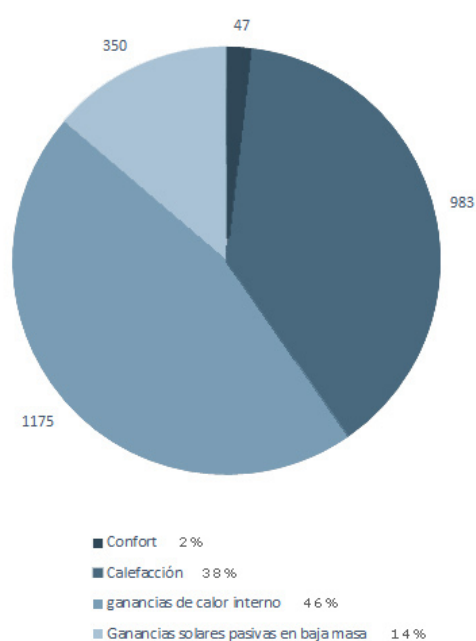


80. Casa eg Lege, Lacaton Y Vassal
Fuente: atfpa3y4.wordpress.com

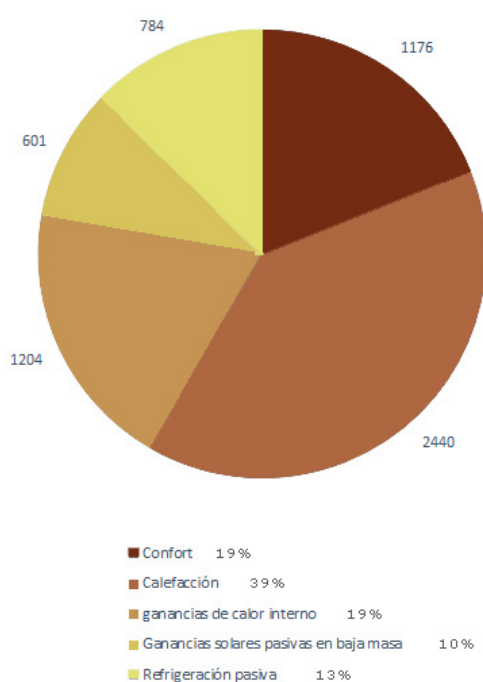
Caracterización de las horas diurnas con estrategias (dato anual)
zona climática C1
clo 1.0 | met 1.2



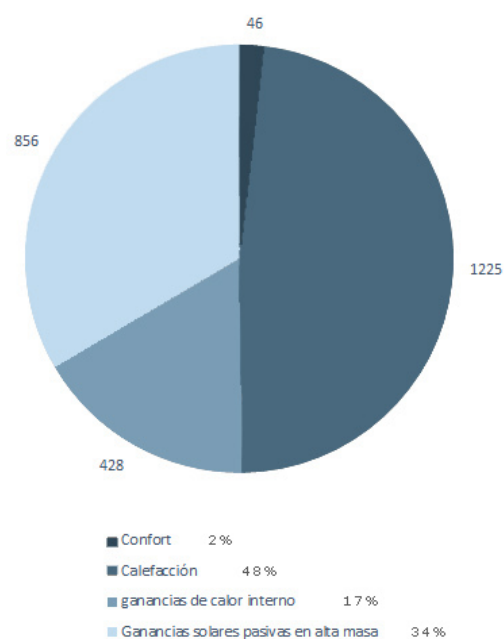
Caracterización de las horas nocturnas con estrategias (dato anual)
zona climática C1
clo 1.3 | met 1.0



Caracterización de las horas diurnas con estrategias (dato anual)
zona climática D1
clo 1.0 | met 1.2

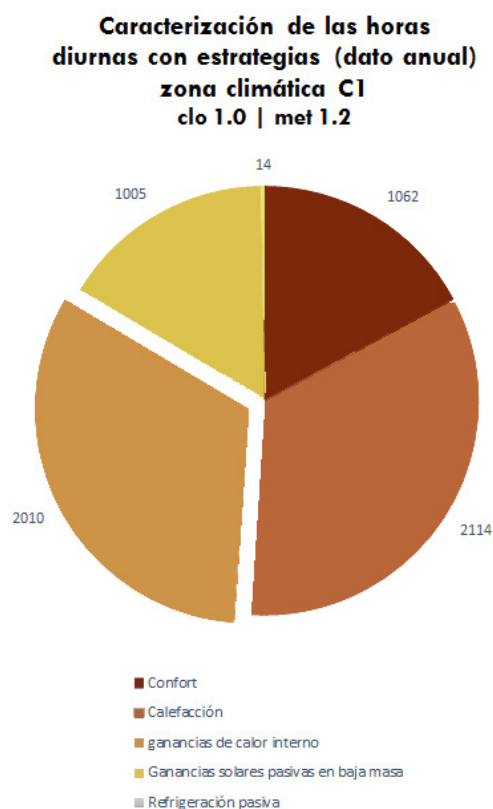


Caracterización de las horas nocturnas con estrategias (dato anual)
zona climática D1
clo 1.3 | met 1.0



81. Gráficos de la caracterización de las horas anuales con el uso de estrategias pasivas
Fuente: Elaboración propia

6.3 Ganancias internas



82. Ganancias de calor internas

Fuente: Elaboración propia

Esta técnica es la que mayor beneficios otorga. En la el gráfico superior el máximo beneficio de esta estrategia se da en la zona C1 durante las horas del día.

Consiste en aprovechar la cantidad de calor que se le añade al edificio por las cargas internas de este. Estas cargas consisten tanto en las luces, las personas y los equipos como en el calor acumulado en los materiales constructivos que cede al ambiente.

Estas ganancias internas permiten caldear el interior sin necesidad de medios auxiliares. El aporte de las personas y equipos en un edificio público puede ser un factor determinante hasta el punto de necesitar refrigeración. Sin embargo en las viviendas los equipos y las personas no proporcionan un aporte suficiente.

Por lo tanto habrá que aprovechar el efecto conjunto de la aportación solar, el de equipos y personas y conseguir un ambiente interior con un adecuado nivel de humedad.

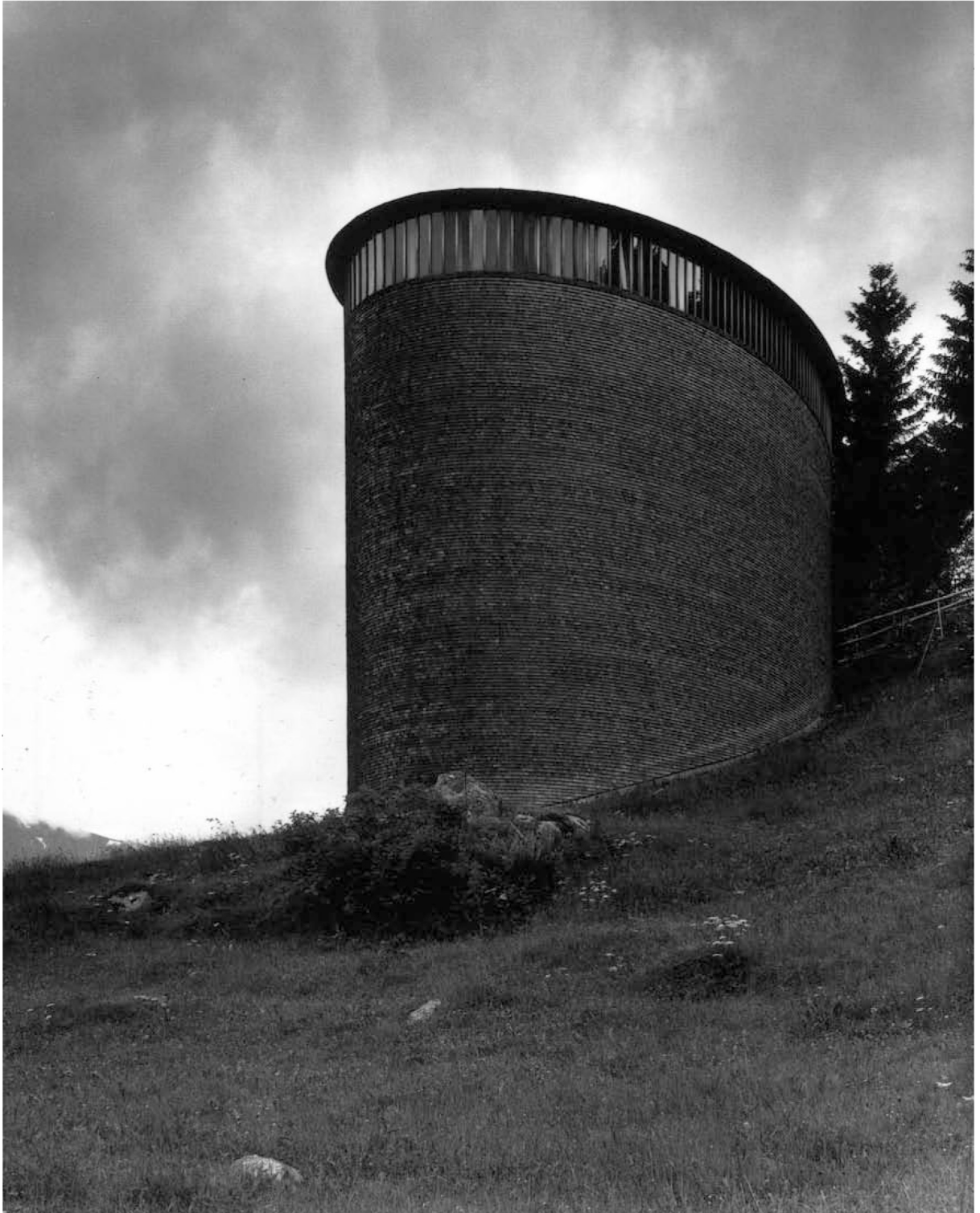
Esto supone una especial atención en el diseño del edificio, será esencial la orientación para el máximo aprovechamiento de los rayos solares y la construcción con materiales masivos que permitan almacenar calor. Como vimos anteriormente en el estudio de la arquitectura gallega la orientación de las edificaciones en función del soleamiento y de los vientos y su construcción en piedra suponen los máximos beneficios.

Para que el calor ganado permanezca en el interior de las edificaciones es necesario minimizar las pérdidas térmicas a través del cerramiento, por lo que aislar será fundamental, sobre todo en aquellas caras hacia el norte o expuestas a fuertes vientos. La falta de aislamiento en la arquitectura tradicional se suplía con una buena compacidad del edificio, esto es obtener la mínima superficie de fachada para un mismo volumen.

Los sistemas que permitan una variación del cerramiento en los huecos ayudarán en el horario nocturno a mantener el calor interior y evitar posibles filtraciones de aire a través de la carpintería. En la arquitectura vernácula las contras y las ventanas permiten varía la disposición de las aberturas en función de la hora del día.

Como se explicó en el apartado del clima las condiciones interiores de humedad provocan una sensación térmica de frío sin la necesidad de temperaturas muy bajas. Técnicas que permitan una entrada de aire limpio a una temperatura más alta que la exterior contribuirán a la sensación térmica y al descenso de la demanda energética.

Durante el día las ganancias térmicas permiten calentar tanto el ambiente como los elementos masivos, este efecto de inercia

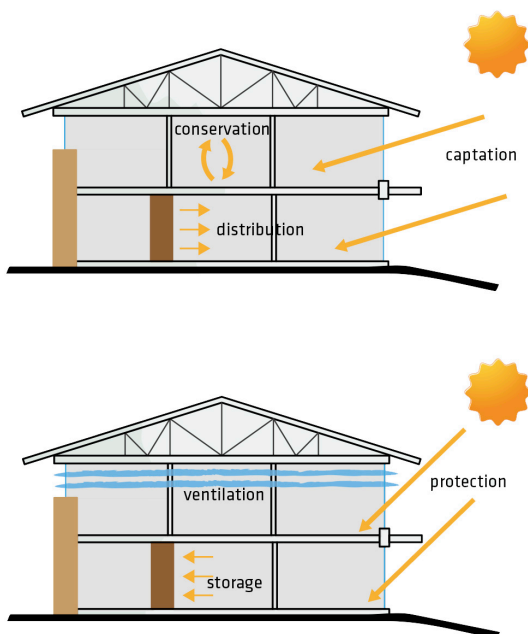


83. Capilla de San Benedett, Peter Zumthor
Fuente: <http://drosophila.tumblr.com/>

térmica permite que durante la noche estos elementos cedan calor, ayudando así a mantener la temperatura, logrando reducir la demanda por calefacción en un 47.7%.

Por lo tanto para sacar el máximo beneficio de las cargas internas será necesario el estudio del emplazamiento, tanto para la orientación como para la posible protección de los temporales. La construcción con elementos masivos permite la acumulación de calor estabilizando las temperaturas día-noche y ayudando a caldear la casa. Una buena compactidad y aislamiento tanto en los cerramientos ciegos como en los huecos evitará la pérdida del calor ganado.

La introducción de sistemas como el pozo canadiense que permitan introducir aire al interior del edificio con más temperatura que la del exterior aumentará la buena sensación térmica a la vez que minimiza las pérdidas.



84. Ecocentre pierre et terre, Jean Marrc Jourdain, Pirineos, Francia
Fuente: Correia, MAriana; Dipasqueale, Letizia; Mecca, Saveiro, 2015, 268.

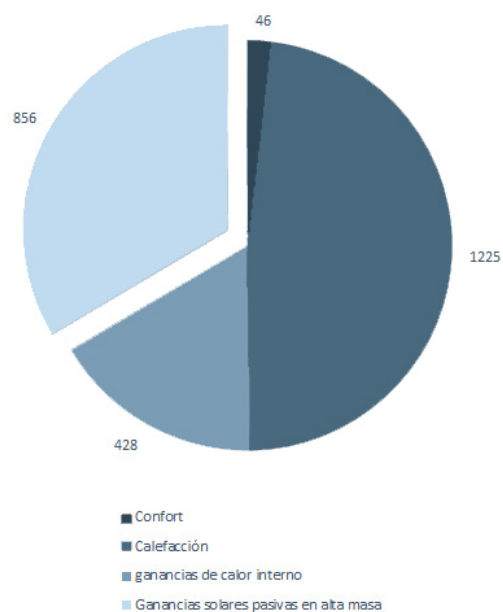
6.4 Ganancias solares pasivas

Como veíamos en el apartado anterior, para maximizar las ganancias térmicas a través de la incidencia solar, el diseño del edificio y su orientación cobran gran relevancia.

El entorno inmediato puede condicionar las horas de sol que inciden sobre el edificio. Las masas arbóreas delante de la fachada sur, aunque puedan beneficiar los efectos de la ventilación en verano, el resto del año impiden la incidencia solar. Por lo tanto habrá que valorar la distancia y el tipo de árbol que se pone.

Distinguiremos aquí entre el aporte de calor a masas térmicas altas, de lo que hablamos en el apartado anterior, y el aporte a masas térmicas bajas. El primero tiene un efecto dilatado en el tiempo (12 horas) el sol incidente en muros y elementos masivos que permitan calentarse a lo largo del todo el día, aportarán calor por la noche. Esto

Caracterización de las horas nocturnas con estrategias (dato anual)
zona climática D1
clo 1.3 | met 1.0



85. Ganancias solares
Fuente: Elaboración propia

permite mantener una temperatura constante con poca demanda de calefacción,

Por otro lado, las ganancias de los elementos de baja masa permiten un efecto más inmediato (3 horas). Esto posibilita unas ganancias de calor en relativamente poco tiempo útiles las primeras horas del día , cuando el aporte de la inercia térmica casi no se aprecia.

El aporte solar se calcula con la radiación directa que puede llegar a aumentar la temperatura en 5.6°C por cada 157.5 Wh/m^2 .

En las estrategias desarrolladas mediante grandes paños de elementos translúcidos que permiten el paso de la radiación solar y elementos masivos que absorban ese calor generado, hay que tener cuidado con el mismo efecto en las épocas estivales. La disposición de aberturas de ventilación permite que en verano se disipe el calor acumulado mediante la generación de corrientes.

El uso de la tecnología permite automatizar acciones en función de determinadas circunstancias, de esta forma, según las condiciones interiores y exteriores el sistema puede abrir o cerrar los elementos móviles.



86. Casa Iatapie, Lacaton y Vassal. 1993. Floirac, France
Fuente: <http://www.lacatonvassal.com/>

6.5 Refrigeración pasiva

Se engloban aquí dos posibles estrategias utilizadas para reducir la demanda energética de refrigeración de los edificios

En el caso analizado de la costa de las Rías Baixas el mayor efecto de insolación se produce en aquellas zonas que se encuentran a más de 350 metros sobre el nivel del mar.

Estas dos estrategias se basan en el uso de la inercia térmica y elementos que arrojen sombra sobre las aperturas.

En los días más calurosos de Julio y Agosto el uso de la inercia térmica permite el descenso interior de las temperaturas. Esto se hace mediante el enfriamiento de la vivienda durante las horas nocturnas y evitando las ganancias durante el día.

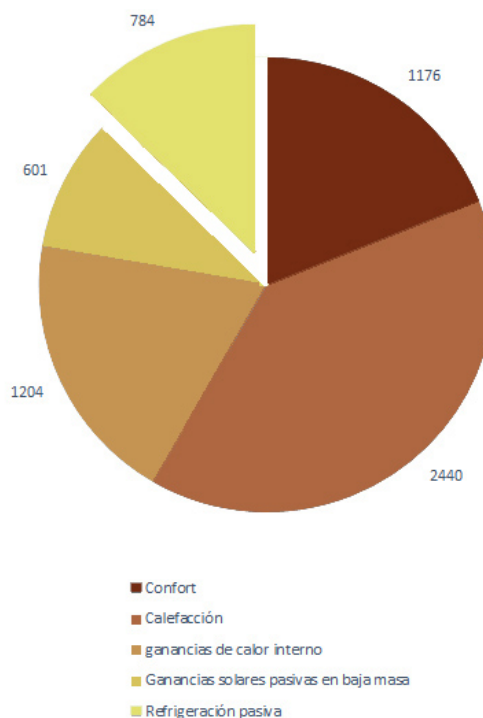
La protección solar de los huecos evita la incidencia de la radiación solar en el interior. La ventilación de los espacios interiores por medio de masas frías de aire permiten mantener una ambiente interior confortable.

El estudio del emplazamiento permitirá aprovechar las brisas marinas movidas por las diferencias de temperatura para refrigerar el edificio.

La necesidad de protegerse del sol (verano) pero a la vez obtener ganancias térmicas (invierno) hará necesario que los elementos de protección permitan ambas posturas según las condiciones.

Todas las estrategias vistas pasan por un análisis y un entendimiento del lugar para comprender cuales son las necesidades y dar una respuesta utilizando aquellas estrategias que más se adecuen.

Caracterización de las horas diurnas con estrategias (dato anual)
zona climática D1
clo 1.0 | met 1.2



87. Estrategias de refrigeración pasiva
Fuente: Elaboración propia



88. Bufete de abogados, Reinhard Drexel, Hohenems, Röhthis
Fuente: Christian Schittich, 2005, 95.



89. Reconversión de granero, Jose Gigante, Guimarães
 Fuente: <http://divisare.com/>

7. Conclusiones

El estudio realizado poniendo en relación la arquitectura vernácula gallega con el clima nos ha permitido identificar y definir aquellas técnicas y estrategias utilizadas para conseguir un clima interior agradable mediante el uso de pocos recursos energéticos.

El posterior análisis de estrategias desarrolladas en climas con características similares nos ha permitido ampliar el conocimiento por medio de las soluciones dadas por otras culturas.

De la arquitectura popular extraemos que el conocimiento del lugar, la importancia de conocer el territorio y el clima en el cual vamos a construir es un aspecto determinante para seleccionar aquellas estrategias que más beneficios nos vayan a otorgar.

Hoy en día las exigencias térmicas exigidas en el interior de los edificios distan mucho de las requeridas en la arquitectura popular. Esto hace necesario el uso de sistemas de calefacción y de refrigeración para un correcto confort interior.

El análisis realizado de la zona de las Rías Baixas mediante la comparación del uso de estrategias pasivas frente a su omisión, deja claro que la incorporación de las estrategias tiene un alto beneficio sobre el edificio y sobre el medio ambiente. La disminución de la demanda energética permite disminuir la demanda de combustibles fósiles y reducir así la huella ecológica.

Las estrategias aprendidas de la arquitectura popular y aplicadas a propuestas actuales nos hacen ver que una cosa no está reñida con la otra. Por otra parte el uso conjunto de la tecnología de hoy en día junto con el conocimiento inherente de las estrategias permite potenciar las ventajas de estas.

Las propuestas expuestas en estas últimas páginas no distan mucho de aquellas estudiadas en los primeros capítulos, en todas ellas el conocimiento del entorno se plasma en la solución arquitectónica permitiendo alcanzar los máximos beneficios de él.

El estudio realizado nos permite decir de una manera aproximada el beneficio que otorgan las estrategias analizadas.

Aquellas que potencien las ganancias internas por medio de la inercia térmica supondrán un ahorro de entre un 20% y un 40% en función de la situación.

Las estrategias de ganancias solares ya sea por medio de altas o bajas masas suponen un beneficio de entre un 10% y un 34%.

Mientras que las diferentes técnicas de refrigeración pasiva suponen un ahorro del 13%.

A modo de síntesis, el uso de estrategias pasivas reduce la demanda exterior de climatización según horario y localización de la siguiente manera:

-Zona C1 horario diurno reducción de la demanda de un 49%.

-Zona C1 horario nocturno se logra una reducción de un 60%.

-Zona D1 horario diurno un 42% de ahorro.

-En la zona D1 con horario nocturno se reduce en un 50% la demanda.

Como es obvio en todas estas propuestas el estudio de la orientación y del entorno es capital para que todas las estrategias antes comentadas aporten lo máximo posible.

La arquitectura popular respondía a las condiciones con la tecnología de las que disponían. El conocimiento de las estrategias de la arquitectura popular no debe quedarse en la materialización que todos conocemos, sino que hay que entender el conocimiento que hay detrás y aplicarlo a las condiciones y la arquitectura contemporánea.



90. Centro social en Santa Cristeina de Fecha, Pedro de Llano
Fuente: Pedro de Llano, 2006, 230.

8. Relación de imágenes

1. Consumo según usos energéticos.

IDAE (2011). Proyecto sech-spahousec. Análisis del consumo energético del sector residencial en España. Informe final. Secretaría general departamento de planificación y estudios. pag 59.

2. Molinos de viento en Holanda.

<https://meetmrholland.wordpress.com/2012/03/05/best-traditional-places-to-visit-in-holland/>

3. Granja en la isla de Læsø, Dinamarca.

<http://www.everystockphoto.com/photo.php?imageld=4523794>

4. Galicia en Europa.

<https://www.edu.xunta.es/espazoAbalar/sites/espazoAbalar/files/datos/1286181627/contido/mapas/index.html>

5. Gráfico temperaturas-precipitaciones-altitud.

MARTINEZ CORTIZAS, ANTONIO Y PÉREZ ALBERTI, AUGUSTO (COORDS.) (1999). Atlas Climático de Galicia. Santiago de Compostela: Xunta de Galicia. pág. 64

6. Municipios costeros.

XUNTA DE GALICIA: PLAN DE ORDENACIÓN DEL LITORAL . Santiago de Compostela: Xunta de Galicia, 20107. Sectores de la costa gallega

7. Sectores de la costa gallega

XUNTA DE GALICIA: PLAN DE ORDENACIÓN DEL LITORAL . Santiago de Compostela: Xunta de Galicia, 2010 8. A Lousada

8. A Lousada

XUNTA DE GALICIA: PLAN DE ORDENACIÓN DEL LITORAL [sitio web]. Santiago de Compostela: Xunta de Galicia, 2010. Imágenes oblicuas.

9. Cabo Ortegal

XUNTA DE GALICIA: PLAN DE ORDENACIÓN DEL LITORAL . Santiago de Compostela: Xunta de Galicia, 2010. Imágenes oblicuas.

10. Cabo Touriñán

XUNTA DE GALICIA: PLAN DE ORDENACIÓN DEL LITORAL. Santiago de Compostela: Xunta de Galicia, 2010. Imágenes oblicuas.

11. Densidades de Población

DE LLANO CABADO, PEDRO (1983). Arquitectura popular en Galicia: A casa mariñeira, a casa das agras, a casa do viño e as construcións adxetivas. Santiago de Compostela: Colegio oficial de arquitectos de Galicia. Pág. 25

12. Vista de la playa de Carnota

Imagen propia.

13. Ría de Arousa

<http://www.galiciaunica.es/los-paisajes-de-valle-inclan/>

14. Parámetros de confort

SERRA, RAFAEL (1999). Arquitectura y climas. Barcelona: Gustavo Gili. pág. 14

15. Estrategias de diseño en diagrama psicométrico

ARMADO FUENTES FREIXANET, VÍCTOR (-). Arquitectura bioclimática. Azcapotzalco: Universidad autónoma metropolitana. Pág 79.

16. Esquema de emplazamiento

SERRA, RAFAEL (1999). Arquitectura y climas. Barcelona: Gustavo Gili. Pág 48

17. Ganancias térmicas por radiación solar

SERRA, RAFAEL (1999). Arquitectura y climas. Barcelona: Gustavo Gili. Pág. 34

18. Reestructuración y extensión en Rennes. Maurer architecture

<http://www.maurer-architecture.com/projet-12-43-6-0-0-0-A-Prix>

19. Edificio de oficinas en Landquart. Bearth & Deplazes, Chur

SCHITTICH , CHRISTIAN (ed.) (2005). En detail: arquitectura solar, estrategias, visiones y conceptos. Berlín: birkhäuser. Pág 129

20. Combarro

XUNTA DE GALICIA: PLAN DE ORDENACIÓN DEL LITORAL [sitio web]. Santiago de Compostela: Xunta de Galicia, 2010. Imágenes oblicuas.

21. Caión

XUNTA DE GALICIA: PLAN DE ORDENACIÓN DEL LITORAL. Santiago de Compostela: Xunta de Galicia, 2010. Imágenes oblicuas.

22. Playa de Altar, Barreiros.

XUNTA DE GALICIA: PLAN DE ORDENACIÓN DEL LITORAL . Santiago de Compostela: Xunta de Galicia, 2010. Imágenes oblicuas.

23. Villa Marinera

DE LLANO CABADO, PEDRO (1983). *Arquitectura popular en Galicia: A casa mariñeira, a casa das agras, a casa do viño e as construcións adxetivas*. Santiago de Compostela: Colegio oficial de arquitectos de Galicia. Pág. 31.

24. Casa-vivienda térrea

CAAMAÑO SUÁREZ, MANUEL (2006). *As construcións da arquitectura popular: patrimonio etnográfico de Galicia*. A Coruña: Hércules Ediciones. Pág 235.

25. Casa do pincho

CAAMAÑO SUÁREZ, MANUEL (2006). *As construcións da arquitectura popular: patrimonio etnográfico de Galicia*. A Coruña: Hércules Ediciones. Pág 236.

26. Casa del Pincho en Beluso, Bueu

CAAMAÑO SUÁREZ, MANUEL (2006). *As construcións da arquitectura popular: patrimonio etnográfico de Galicia*. A Coruña: Hércules Ediciones. Pág 237.

27. Casa do patín, Cangas do Morrazo

CAAMAÑO SUÁREZ, MANUEL (2006). *As construcións da arquitectura popular: patrimonio etnográfico de Galicia*. A Coruña: Hércules Ediciones. Pág 241.

28. Casa del patín

CAAMAÑO SUÁREZ, MANUEL (2006). *As construcións da arquitectura popular: patrimonio etnográfico de Galicia*. A Coruña: Hércules Ediciones. Pág 240

29. Casa con corredor

DE LLANO CABADO, PEDRO (1983). *Arquitectura popular en Galicia: A casa mariñeira, a casa das agras, a casa do viño e as construcións adxetivas*. Santiago de Compostela: Colegio oficial de arquitectos de Galicia. Pág. 103.

30. Casa con corredor

CAAMAÑO SUÁREZ, MANUEL (2006). *As construcións da arquitectura popular: patrimonio etnográfico de Galicia*. A Coruña: Hércules Ediciones. Pág 242.

31. Calle asoportalada

DE LLANO CABADO, PEDRO (1983). *Arquitectura popular en Galicia: A casa mariñeira, a casa das agras, a casa do viño e as construcións adxetivas*. Santiago de Compostela: Colegio oficial de arquitectos de Galicia. Pág. 137.

32. Sección de casa asoportalada

CAAMAÑO SUÁREZ, MANUEL (2006). *As construcións da arquitectura popular: patrimonio etnográfico de Galicia*. A Coruña: Hércules Ediciones. Pág 245.

33. Casa con galería cerrada en la costa da morte

DE LLANO CABADO, PEDRO (1983). *Arquitectura popular en Galicia: A casa mariñeira, a casa das agras, a casa do viño e as construcións adxetivas*. Santiago de Compostela: Colegio oficial de arquitectos de Galicia. Pág. 107.

34. Materiales minerales gallegos

DE LLANO CABADO, PEDRO (1989). *Arquitectura popular en Galicia: A casa-vivenda e as serras*. Santiago de Compostela: Colegio oficial de arquitectos de Galicia. Pág. 36.

35. Casa en Castro Laborerio, Potugal

<http://www.panoramio.com/photo/53193624>

36. Esquema de la construcción de una vivienda

DE LLANO CABADO, PEDRO (1989). *Arquitectura popular en Galicia: A casa-vivenda e as serras*. Santiago de Compostela: Colegio oficial de arquitectos de Galicia. Pág. 74.

37. Construcción de una edificación de cachotería

DE LLANO CABADO, PEDRO (1989). *Arquitectura popular en Galicia: A casa-vivenda e as serras*. Santiago de Compostela: Colegio oficial de arquitectos de Galicia. Pág. 76.

38. Esquema de una ventana

DE LLANO CABADO, PEDRO (1989). *Arquitectura popular en Galicia: A casa-vivenda e as serras*. Santiago de Compostela: Colegio oficial de arquitectos de Galicia. Pág. 87.

39. Sección vertical de la fachada de una vivienda

CAAMAÑO SUÁREZ, MANUEL (2006). *As construcións da arquitectura popular: patrimonio etnográfico de Galicia*. A Coruña: Hércules Ediciones. Pág 108.

40. Partes del entramado de cubierta

DE LLANO CABADO, PEDRO (1989). *Arquitectura popular en Galicia: A casa-vivenda e as serras*. Santiago de Compostela: Colegio oficial de arquitectos de Galicia. Pág. 73.

41. Viviendas en le Vlos des Féés, CoBe architecte
CORREIA, MARIANA; DIPASQUALE, LETIZIA; MECCA, SAVERIO (eds.). (2015). VERSUS: heritage for tomorrow: vernacular knowledge for sustainable architecture. Florencia: Firenze university press. Pág. 185.
42. Casa en Paderne, Carlos Quintans
<http://carlosquintans.es/casa-en-paderne/>
43. Elección del emplazamiento
TAYLOR, JOHN S. (1984). Arquitectura anónima, una visión cultural de los principios prácticos del diseño. Barcelona: Stylos SA. Pág. 11
44. Peillon, Alpes
<https://geolocation.ws/v/P/90905513/peillon-alpes-cte-dazur-france/en#>
45. Protección de junta con pizarra en Gales
TAYLOR, JOHN S. (1984). Arquitectura anónima, una visión cultural de los principios prácticos del diseño. Barcelona: Stylos SA. Pág. 20.
46. Villa Katsura
<https://www.studyblue.com/notes/note/n/art-history-renaissance-to-modern-final/deck/10883696>
47. Ventilación por aspiradores estáticos
48. Ventilación subterránea
SERRA, RAFAEL (1999). Arquitectura y climas. Barcelona: Gustavo Gili. Pág. 53.
49. Ventilación con materiales deshumidificantes
MORENO G. , SANTIAGO (1991). Arquitectura, hombre y clima. Bogotá: Sena universidad nacional. Pág. 53.
50. Influencia de la vegetación en el asentamiento
DE LLANO CABADO, PEDRO (1989). Arquitectura popular en Galicia: A casa-vivenda e as serras. Santiago de Compostela: Colegio oficial de arquitectos de Galicia. Pág. 39.
51. Compacidad de diferentes geometrías
TAYLOR, JOHN S. (1984). Arquitectura anónima, una visión cultural de los principios prácticos del diseño. Barcelona: Stylos SA. Pág. 27.
52. Hotel kikkenes, Noruega. Rintala eggertsson architects
<http://www.ri-eg.com/projects/2005/hotel-kirkenes/>
53. Vivienda enterrada en los Alpes franceses
CORREIA, MARIANA; DIPASQUALE, LETIZIA; MECCA, SAVERIO (eds.). (2015). VERSUS: heritage for tomorrow: vernacular knowledge for sustainable architecture. Florencia: Firenze university press. Pág. 51.
54. Casa en Hampshire (1860)
TAYLOR, JOHN S. (1984). Arquitectura anónima, una visión cultural de los principios prácticos del diseño. Barcelona: Stylos SA. Pág. 31.
55. Sistema de muro Morse y Trombe
56. Sistema por columna de agua
TAYLOR, JOHN S. (1984). Arquitectura anónima, una visión cultural de los principios prácticos del diseño. Barcelona: Stylos SA. Pág. 34.
57. Villa en Vals, Suiza. SeARCH & CMA
<http://www.styleforum.net/t/100695/the-architecture-thread/1380>
58. Hogar Japonés
TAYLOR, JOHN S. (1984). Arquitectura anónima, una visión cultural de los principios prácticos del diseño. Barcelona: Stylos SA. Pág. 41.
59. Estufa rusa
TAYLOR, JOHN S. (1984). Arquitectura anónima, una visión cultural de los principios prácticos del diseño. Barcelona: Stylos SA. Pág. 42.
60. Gloria castellana
<http://tectonicablog.com/?p=63784>
61. Emplazamiento para garantizar ventilación
COCH, HELENA (1998). Renewable and Sustainable Energy Reviews vol.2. Chapter 4, Bioclimatism in vernacular architecture, pp 67-87. L. Kazmerski. Pág. 82
62. Efecto de la vegetación en la ventilación
SERRA, RAFAEL (1999). Arquitectura y climas. Barcelona: Gustavo Gili. Pág. 50.

63. Casa Robie, Frank Lloyd Wright
<https://www.studyblue.com/notes/note/n/midtermids/deck/2065592>
64. Incidencia solar
 TAYLOR, JOHN S. (1984). Arquitectura anónima, una visión cultural de los principios prácticos del diseño. Barcelona: Stylos SA. Pág. 55.
65. Espacios interior-exterior en casa Hahoe, Corea del sur
 CORREIA, MARIANA; DIPASQUALE, LETIZIA; MECCA, SAVERIO (eds.). (2015). VERSUS: heritage for tomorrow: vernacular knowledge for sustainable architecture. Florencia: Firenze university press. Pág. 261.
66. Casa Pomaret, Barcelona. Pich architects
<http://www.picharchitects.com/portfolio-item/casa-pomaret-barcelona/#jp-carousel-2026>
67. Diagramas Psicrométricos
 SERRA, RAFAEL (1999). Arquitectura y climas. Barcelona: Gustavo Gili. Pág. 21.
68. Zonas de confort y de corrección con arquitectura (según Givoni)
 SERRA, RAFAEL; COCH, HELENA(1995). Arquitectura y energía natural. Barcelona: ediciones UPC. Pág. 88.
69. Vista de la sierra de la Barbanza desde la ría de Arousa
 Imagen propia.
70. Área de estudio de las Rías Baixas. Zonas climáticas C1 y D1
 Elaboración propia a partir de <https://www.edu.xunta.es/espazoAbalar/sites/espazoAbalar/files/datos/1286181627/contido/mapas/index.html>
- 71-78. Ábacos psicrométricos.
 Elaboración propia.
79. Gráficos de la caracterización de las horas anuales sin estrategias pasivas
 Elaboración propia.
80. Casa eg Lege, Lacaton Y Vassal
<https://atfp3y4.wordpress.com/2012/11/08/casa-en-lege-lacaton-y-vassal/>
81. Gráficos de la caracterización de las horas anuales con el uso de estrategias pasivas
 Elaboración propia.
82. Ganancias de calor internas
 Elaboración propia.
83. Capilla de San Benedetto, Peter Zumthor
<http://drosophila.tumblr.com/post/123064275920/subtilitas-peter-zumthor-saint-benedict>
84. Ecocentre pierre et terre, Jean Marroc Jourdain, Pirineos, Francia
 CORREIA, MARIANA; DIPASQUALE, LETIZIA; MECCA, SAVERIO (eds.). (2015). VERSUS: heritage for tomorrow: vernacular knowledge for sustainable architecture. Florencia: Firenze university press. Pág. 268.
85. Ganancias solares
86. Casa latapie, Lacaton y Vassal. 1993. Floirac, France
<http://www.lacatonvassal.com/?idp=25>
87. Estrategias de refrigeración pasiva
 Elaboración propia
88. Bufete de abogados, Reinharda Drexel, Hohenems, Róthis
 SCHITTICH , CHRISTIAN (ed.) (2005). En detail: arquitectura solar, estrategias, visiones y conceptos. Berlín: birkhäuser. Pág. 95.
89. Reconversión de granero, Jose Gigante, Guimaraes
<http://divisare.com/projects/244118-jose-gigante-luis-ferreira-alves-granary-reconstruction>
90. Centro social en Santa Cisteina de Fecha, Pedro de Llano
 DE LLANO CABADO , PEDRO (2006). Arquitectura popular en Galicia: razón y construcción. A Coruña: edicións xerais de Galicia. Pág 230

9. Bibliografía

Publicaciones:

ARMADO FUENTES FREIXANET, VÍCTOR (-). Arquitectura bioclimática. Azcapotzalco: Universidad autónoma metropolitana.

CAAMAÑO SUÁREZ, MANUEL (2006). As construcións da arquitectura popular: patrimonio etnográfico de Galicia. A Coruña: Hércules Ediciones.

COCH, HELENA (1998). Renewable and Sustainable Energy Reviews vol.2. Chapter 4, Bioclimatism in vernacular architecture, pp 67-87. L. Kazmerski

CORREIA, MARIANA; DIPASQUALE, LETIZIA; MECCA, SAVERIO (eds.). (2015). VERSUS: heritage for tomorrow: vernacular knowledge for sustainable architecture. Florencia: Firenze university press.

DE LLANO CABADO, PEDRO (1983). Arquitectura popular en Galicia: A casa mariñeira, a casa das agras, a casa do viño e as construcións adxetivas. Santiago de Compostela: Colegio oficial de arquitectos de Galicia.

DE LLANO CABADO, PEDRO (1989). Arquitectura popular en Galicia: A casa-vivenda e as serras. Santiago de Compostela: Colegio oficial de arquitectos de Galicia.

DE LLANO CABADO, PEDRO (2006). Arquitectura popular en Galicia: razón y construcción. A Coruña: edicións xerais de Galicia.

GUILLAUD, HUBERT; MORISET, SÉBASTIEN; SÁNCHEZ MUÑOZ, NURIA; SEVILLANO GUTIÉRREZ, ENRIQUE (eds.) (2014). VERSUS: Lessons from Vernacular Heritage to Sustainable Architecture. Booklet. Grenoble: ENSAG-CRAterre.

IDAE (2011). Proyecto sech-spahousec. Análisis del consumo energético del sector residencial en España. Informe final. Secretaría general departamento de planificación y estudios.

MINISTERIO DE FOMENTO (2013). Código técnico de la edificación, documento básico: ahorro de energía (HE).

MORENO G. , SANTIAGO (1991). Arquitectura, hombre y clima. Bogotá: Sena universidad nacional.

MARTINEZ CORTIZAS, ANTONIO Y PÉREZ ALBERTI, AUGUSTO (COORDS.) (1999). Atlas Climático de Galicia. Santiago de Compostela: Xunta de Galicia.

SERRA, RAFAEL (1999). Arquitectura y climas. Barcelona: Gustavo Gili.

SERRA, RAFAEL; COCH, HELENA (1995). Arquitectura y energía natural. Barcelona: ediciones UPC.

SCHITTICH, CHRISTIAN (ed.) (2005). En detail: arquitectura solar, estrategias, visiones y conceptos. Berlín: birkhäuser.

TAYLOR, JOHN S. (1984). Arquitectura anónima, una visión cultural de los principios prácticos del diseño. Barcelona: Stylos SA.

Páginas web:

XUNTA DE GALICIA: PLAN DE ORDENACIÓN DEL LITORAL [sitio web]. Santiago de Compostela: Xunta de Galicia, 2010 [consulta 13 de octubre de 2015]. Disponible en: <http://www.xunta.es/litoral/web/index.php>.

Programas:

ENERGY DESIGN TOOLS. Climate consultant [software] Versión 6.0. 19 de septiembre 2015. [Consulta: 30 de octubre 2015]. Disponible en: <http://www.energy-design-tools.aud.ucla.edu/climate-consultant/request-climate-consultant.php>.